La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina

Desafíos, contribuciones y compromisos para abordar los problemas complejos del siglo XXI

Leonardo G. Rodríguez Zoya
Coordinador general

Con prólogo de
Edgar Morin

Tomo I

CEL
Comunidad Editora
Latinoamericana

La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina

Tomo I

Leonardo G. Rodríguez Zoya
(Coordinador General)

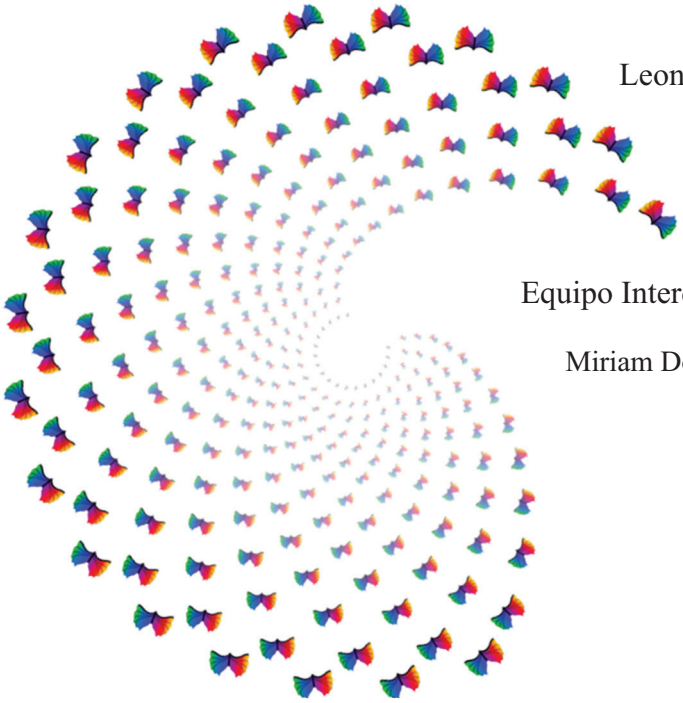
Colección «Pensamiento Complejo del Sur»

Comunidad Editora Latinoamericana

La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina

Desafíos, contribuciones y compromisos para abordar los problemas complejos del siglo XXI

TOMO I



Leonardo G. Rodríguez Zoya
Coordinador General

Equipo Interdisciplinario de Trabajo:
Julio Leonidas Aguirre,
Miriam Dolly Arancibia de Calmels,
Valeria M. Elizalde
Belén Ramet y
Paula G. Rodríguez Zoya

CEL
Comunidad Editora Latinoamericana

Rodríguez Zoya, Leonardo Gabriel
La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina: desafíos, contribuciones y compromisos para abordar los problemas complejos del siglo XXI / Leonardo Gabriel Rodríguez Zoya; contribuciones de Julio Leonidas Aguirre; coordinación general de Leonardo Gabriel Rodríguez Zoya; editor literario Paula Gabriela Rodríguez Zoya; ilustrado por Giselle Goicovic Madriaza; prólogo de Edgar Morin. - 1a ed. - Castelar: Comunidad Editora Latinoamericana, 2016.
v. 1, 370 p.: il. ; 25 x 18 cm. - (Pensamiento complejo del sur)

ISBN 978-987-45216-7-5

1. Complejo. 2. Pensamiento Crítico. 3. Pensamiento Creador. I. Aguirre, Julio Leonidas, colab. II. Rodríguez Zoya, Leonardo Gabriel, coord. III. Rodríguez Zoya, Paula Gabriela, ed. Lit. IV. Goicovic Madriaza, Giselle, ilus. V. Morin, Edgar, prolog. VI. Título.
CDD 301

Leonardo G. Rodríguez Zoya
Comunidad Editora Latinoamericana
Av. Santa Rosa 347, Castelar (B1712LSI), Buenos Aires, Argentina
Tel. +54 911 5001 8099
www.comunidadeditora.org
cel@comunidadeditora.org

Colección: Pensamiento Complejo del Sur

Coordinación editorial: Paula G. Rodríguez Zoya
Diseño editorial: Giselle Goicovic Madriaza
Diseño de la cubierta: Giselle Goicovic Madriaza

ISBN del Tomo I: 978-987-45216-7-5
ISBN de la obra completa: 978-987-45216-5-1

Esta obra se encuentra protegida por derechos de autor © Leonardo G. Rodríguez Zoya y se distribuye bajo Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial - Compartir Obras Derivadas Igual 2.5 Argentina.

Usted es libre de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra, hacer obras derivadas bajo las siguientes condiciones:

Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).

No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Compartir bajo la Misma Licencia — Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Para más información ver aquí: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ar/
Si tiene dudas sobre la licencia, comuníquese a cel@comunidadeditora.org

Este libro se terminó de imprimir en *La Imprenta Digital SRL*, Talcahuano 940, Florida, Buenos Aires, Argentina, en Noviembre de 2016, con una tirada de 100 ejemplares.

Impreso en la Argentina ~ Printed in Argentina
Queda hecho el depósito que establece la Ley 11.723

Esta obra ha sido el resultado de un proyecto internacional animado por la

Comunidad de Pensamiento Complejo

Coordinador General del Proyecto
Leonardo G. Rodríguez Zoya

Consejo Científico Internacional

Edgar Morin
Presidente honorario del Consejo

Pedro Sotolongo
Cátedra Complejidad
Instituto de Filosofía de La Habana
Cuba

Rafael Pérez-Taylor
Instituto de Investigaciones Antropológicas
Universidad Nacional Autónoma de México
México

Jean-Louis Le Moigne
Programme européen
Modélisation de la Complexité
Réseau Intelligence de la Complexité
(RIC-MCX-APC)
Francia

Carlos Eduardo Maldonado
Universidad del Rosario
Colombia

Pascal Roggero
Institut du Droit de l'Espace, des Territoires et de
la Communication (IDETCOM)
Université de Toulouse 1-Capitole
Francia

José Antonio Castorina
Instituto de Ciencias de la Educación
Facultad de Filosofía y Letras
Universidad de Buenos Aires
Argentina

Equipo de Trabajo Responsable
Julio Leonidas Aguirre
Miriam Dolly Arancibia de Calmels
Valeria Elizalde
Belén Ramet
Paula G. Rodríguez Zoya

Coordinación Tecnológica
Yamil Salinas Martínez

Comunicación Institucional
Paula Rodríguez Zoya

Diseño Editorial
Giselle Goicovic Madriaza

COORDINADORES DE LOS EJES TEMÁTICOS (ESPAÑOL)

Eje 1. Paradigmas, teorías y métodos de la complejidad:

Elba Riera, Argentina
Álvaro Malaina Martin, España
Josefina Fantoni, Argentina
Fernando Almarza-Rísquez, Venezuela

Eje 2. Complejidad de los problemas de América Latina en el Siglo XXI:

2.1. Educación:

Bernardo Castro Sáez, Chile
Jorge Hernán Calderón López, Colombia

2.2. Política:

Alberto Montbrun, Argentina
Antonio Elizalde, Chile

2.3. Sociedad:

Gabriel Rios, Uruguay
Arlet Rodríguez, México
Marcelo Chacón Reyes, Cuba

2.4. Ecología, ambiente y desarrollo sustentable:

Juan Pablo Martinez Davila, México
Silvina Corbetta, Argentina
José Otocar Reina Barth, Colombia

2.5. Ciencia y tecnología:

Eduardo Glavich, Argentina
Lionel Lewkow, Argentina

Eje 3. Proyectos de investigación y programas de acción:

Rubén José Rodríguez, Argentina
Susana Deiana, Argentina

COORDINADORES DE LOS EJES TEMÁTICOS (PORTUGUÉS)

Sérgio Luís Boeira, Brasil
Antônio Sales, Brasil
Júlio Torres, Brasil

Instituciones Adherentes al Proyecto

Réseau Intelligence de la Complexité, Programme européen MCX "Modélisation de la CompleXité", Association pour la Pensée Complexe (RIC-MCX-APC), Francia
http://www.mcxapc.org/

Cátedra Complejidad, Instituto de Filosofía de La Habana, Cuba
http://www.complejidadhabana.com/

Universidad del Rosario, Colombia
http://www.urosario.edu.co/

Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires, Argentina
http://iigg.sociales.uba.ar/

Unidad de Estudios Regionales, Universidad de la República, Uruguay
http://www.unorte.edu.uy/

Facultad de Educación, Universidad de Santiago de Cali, Colombia
http://educacion.usc.edu.co/

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan, Argentina
http://www.faud.unsj.edu.ar/

Centre interdisciplinaire d'étude et de recherche sur les systèmes sociaux (CIRESS) du Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur l'Economie, les Politiques et les Systèmes Sociaux (LEREPS), Université de Toulouse 1, Francia
http://lereps.sciencespo-toulouse.fr/

Instituto de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Argentina
http://iice.institutos.filo.uba.ar

Comité de recherche 5 "Sociologie de la complexité: relations et systèmes" de l'Association internationale des sociologues de langue française (AISFL), Francia
http://www.aislf.org/

Universidad do Vale do Itajaí (UNIVALI), Brasil
http://www.univali.br/

Centro de Estudios para la Gestión de Sistemas Complejos, Mendoza, Argentina
http://www.cegesco.org/

Departamento Provincial de Educación - Valdivia (Deproveduc), Región de Los Ríos,
Ministerio de Educación, Chile
http://www.mineduc.cl/ministerio/departamentos-provinciales/

Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires
http://www.sociales.uba.ar/

Escola da Complexidade, Brasil
http://complexidade.ning.com/

Facultad de Humanidades, Ciencias Sociales y de la Salud, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina
http://fhu.unse.edu.ar/

Instituto Peruano del Pensamiento Complejo Edgar Morin (IPCEM), Universidad Ricardo Palma
http://www.ipcem.net/

Instituto Andino de Sistemas (IAS), Peru
http://www.iasvirtual.net/

AUTORES

Álvaro Malaina

Enrique Luengo González

Carlos Eduardo Maldonado

Carlos Reynoso

Leonardo G. Rodríguez Zoya

Gloria Silvana Elías

Leonardo Gustavo Carabajal

Lorena Caballero

Gabriela Coronado

Oswaldo Terán

Magdiel Ablan

Bárbara Altschuler

Gabriel Weisz

Jorge Daniel García Salman

José Julián Reina Materón

Rosa Iniesta Masmano

Ricardo Glancszpigel

Javier Rodríguez

Signed Prieto

Pedro Bernal

Daniel Izasa

Gabriel Salazar

Catalina Correa

Yolanda Soracipa

José Luis Hernández Cáceres

Luis García Domínguez

Miguel Sautié Castellanosi

Eligio Kindelán Cira

Javier Jas

Ángel Calzadilla

Índice

Índice **13**

Prólogo **15**
Edgar Morin

Presentación Editorial **17**
Leonardo G. Rodríguez Zoya

Introducción General a la Obra **23**
Leonardo G. Rodríguez Zoya

PRIMERA PARTE

PARADIGMAS, TEORÍAS Y MÉTODOS DE LA COMPLEJIDAD

Capítulo I **43**
Hacia un paradigma de complejidad integral
Álvaro Malaina

Capítulo II **61**
El conocimiento complejo
Enrique Luengo González

Capítulo III **83**
Pensar la complejidad con ayuda de las lógicas no-clásicas
Carlos Eduardo Maldonado

Capítulo IV **99**
Redes sociales: la prioridad hermenéutica de la pregunta y la prisión del lenguaje
Carlos Reynoso

Capítulo V **125**
Complejidad de los paradigmas y problemas complejos
Leonardo G. Rodríguez Zoya

SEGUNDA PARTE

COMPLEJIDAD DE LOS PROBLEMAS DE AMÉRICA LATINA EN EL SIGLO XXI

Capítulo VI **163**
El reduccionismo ontológico biologicista: consecuencias para una sociedad compleja
Gloria Silvana Elías y Leonardo Gustavo Carabajal

Capítulo VII **179**
De la biología compleja a la justicia social en Latinoamérica
Lorena Caballero y Gabriela Coronado

Capítulo VIII **203**
Modelado y simulación de situaciones sociales complejas en Latinoamérica
Oswaldo Terán y Magdiel Ablan

Capítulo IX **223**
Hacia un enfoque complejo de la desigualdad social
Bárbara Altschuler

Capítulo X **241**
Dioses fractales
Gabriel Weisz

Capítulo XI **253**
El paradigma de simplicidad y la evidencia científica en medicina
Jorge Daniel García Salman

TERCERA PARTE

INVESTIGACIÓN Y PROGRAMAS DE ACCIÓN DESDE LOS ENFOQUES DE LA COMPLEJIDAD EN AMÉRICA LATINA

Capítulo XII **271**
Impacto del software libre en una organización desde el enfoque de la complejidad
José Julián Reina Materón

Capítulo XIII **281**
Consideraciones complejas de la música tonal
Rosa Iniesta Masmano

Capítulo XIV **307**
El estudio de las enfermedades como sistemas complejos
Ricardo Glancszpigel

Capítulo XV **315**
Entropía proporcional aplicada a la evolución de la dinámica cardíaca
Javier Rodríguez, Signed Prieto, Pedro Bernal, Daniel Izasa, Gabriel Salazar, Catalina Correa, Yolanda Soracipa

Capítulo XVI **335**
Utilidad del enfoque de identificación no lineal para el estudio de señales electrofisiológicas complejas
José Luis Hernández Cáceres, Luis García Domínguez, Miguel Sautié Castellanos, Eligio Kindelán Cira, Javier Jas, Ángel Calzadilla

Apartado I **347**
Resúmenes de capítulos

Apartado II **353**
Índice de autores

PRÓLOGO

Esta obra colectiva testimonia la vitalidad de la *Comunidad de Pensamiento Complejo* y el compromiso de su animador, Leonardo G. Rodríguez Zoya, con el desarrollo del pensamiento complejo. *La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina* constituye uno de los trabajos colectivos más significativos sobre complejidad que se han producido en el último tiempo y, sin duda, uno de los más relevantes en América Latina.

En la emergencia de esta obra veo el retoño de un pensamiento que se abre a la complejidad de la vida como un árbol que se ramifica en múltiples direcciones, religando los conocimientos dispersos en disciplinas incomunicadas para dar sentido a la complejidad del mundo. El florecer de este trabajo colectivo constituye un meta-punto de vista a través del cual puedo pensar la búsqueda de un método de la complejidad que animó mi aventura intelectual desde mediados de la década de 1970. En *Mis demonios* escribí: "no soy de los que tienen una carrera sino de quienes tienen una vida". La complejidad de la vida ha nutrido el desarrollo de mi obra, la cual ha alimentado la itinerancia de mi camino vital e intelectual. En esta aventura del método he procurado problematizar la complejidad del mundo físico, biológico y antroposocial como problema epistemológico, ético y político. Ahora bien, el método del pensamiento complejo no sustituye ni reemplaza los métodos científicos, sino que constituye con respecto a éstos un meta-punto de vista que procura estimular un pensamiento reflexivo de la ciencia sobre sí misma.

Uno de los principios de la complejidad señala que todo lo que no se regenera se degenera, es preciso regenerarse para no degenerar. Este principio que se manifiesta claramente en la complejidad biológica, en la regeneración de las células y la auto-eco-organización de la vida, es igualmente válido para los conocimientos y los sistemas de ideas. La racionalidad degenera en racionalización cuando abandona el diálogo incierto e inacabable con lo real; la teoría degenera en doctrina cuando expulsa los argumentos que la contradicen o las evidencias que la refutan; el pensamiento complejo degenera en pensamiento simplificante cuando renuncia a la búsqueda permanente de una racionalidad abierta y auto-crítica. En tal sentido, uno de los aportes fundamentales de *La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina* es contribuir a la regeneración del pensamiento complejo a través de una crítica y una reflexión sobre las posibilidades, límites y alcances del conocimiento complejo.

En *Introducción al pensamiento complejo* he afirmado que la complejidad es una palabra-problema y no una palabra-solución. El pensamiento complejo está animado por una tensión permanente entre la aspiración a un saber no parcelado, no dividido, no reduccionista, y el reconocimiento de lo inacabado e incompleto de todo conocimiento. Ahora bien, el problema de la complejidad no comprende sólo un desafío cognitivo, sino que constituye, además, un problema práctico que abarca la vida del ser humano. Por ello, el desafío de la complejidad no puede reducirse al terreno científico sino que convoca también un pensamiento sobre la ética, la política, la educación y la vida.

En consecuencia, se vuelve fundamental articular la complejidad restringida y la complejidad general. La primera se despliega a nivel científico a través de la formalización, modelización y simulación de sistemas complejos pero tiende a excluir de su interrogación una reflexión epistemológica y ética sobre la complejidad de los problemas fundamentales que no resulta matematizable ni cuantificable. La complejidad general, por su parte, reconoce los aportes de las ciencias de la complejidad pero insiste en un replanteo epistemológico que lleve a la reorganización del conocimiento. Es en este plano donde emerge el verdadero desafío de un paradigma de la complejidad como paradigma civilizatorio de una sociedad-mundo. Pues bien, considero que esta obra inaugura, asimismo, un diálogo constructivo entre el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad al procurar simultáneamente una reflexión paradigmática y epistemológica de la complejidad sin descuidar los desafíos científicos que la complejidad plantea ni las implicancias éticas, políticas y educativas del pensamiento complejo. Estoy persuadido de que uno de los aportes teóricos más relevantes de esta obra es la apuesta por introducir el concepto de *problemas complejos* en el repertorio reflexivo de la complejidad. El porvenir de la humanidad y la emergencia de la Tierra-Patria como comunidad de destino planetaria están ligados a la posibilidad de reformar nuestro modo de pensamiento sobre los problemas más graves que son, desde luego, problemas complejos.

El pensamiento complejo no es propiedad de un autor sino que constituye un desafío colectivo que es, a la vez, científico y filosófico, ético y político, teórico y práctico, académico y ciudadano para comprender la complejidad del ser humano y regenerar el porvenir de la humanidad. En el Tomo 6 de *El Método* he planteado que el pensamiento complejo es un pensamiento que religa y que la ética compleja es una ética de la religancia. Así, considero que esta obra es una obra que religa: religa saberes de distintas disciplinas y religa a varios autores de distintos países en un trabajo de pensamiento colectivo. Esta obra procura asumir el desafío de la complejidad y expresa la práctica del pensamiento complejo en el plano epistemológico y ético. Celebro animosamente la iniciativa, el esfuerzo y el compromiso comprendidos en esta obra colectiva y confío en su valor y trascendencia para pensar y abordar los problemas complejos del siglo XXI. *La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina* es, decididamente, una invitación al pensamiento y la acción.

Edgar Morin

París, 23 de septiembre de 2016

PRESENTACIÓN EDITORIAL

La publicación de esta obra, *La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina,* concreta el nacimiento de un nuevo proyecto editorial: la *Comunidad Editora Latinoamericana* (CEL). Este proyecto constituye una apuesta política y cultural de largo plazo cuya misión estratégica es publicar obras de *acceso abierto*, de *alta calidad*, *bajo costo* y *amplio alcance geográfico* que contribuyan a dar sentido, pensar y actuar de modo crítico y autónomo la complejidad creciente de los problemas a los que se enfrentan nuestras sociedades. La *Comunidad Editora Latinoamericana* aspira a liderar la construcción de un nuevo modelo editorial que permita la *máxima visibilidad* de las obras y garantice el *mayor acceso* al conocimiento en todos los rincones de nuestro Sur latinoamericano y caribeño.

La *Comunidad Editora Latinoamericana* se posiciona en el campo del libro y la cultura como un *proyecto editorial no comercial de acceso abierto* que publica sus obras bajo licencias *creative commons,* lo que permite garantizar la protección de los derechos intelectuales de los autores y facilita las posibilidades de acceso y distribución de la obra, superando, así, las limitaciones del *copyright* y las ediciones comerciales. Este posicionamiento político implica la redefinición sustantiva del concepto de *libro*, el cual deja de ser visto como una mercancía a ser comercializada y pasa a ser concebido *como bien cultural común* de primera necesidad cuyo acceso es necesario promover y garantizar para que las sociedades desplieguen sus potencialidades creativas de pensamiento y acción colectiva.

El nacimiento de la *Comunidad Editora Latinoamericana* está animada por una preocupación fundamental acerca del rol social, político y cultural de un proyecto editorial: ¿por qué y para quién imaginar, escribir, editar y publicar libros en una sociedad? Este interrogante conduce a problematizar la relación entre los modelos editoriales y los modelos de sociedad. Los *modelos editoriales* son estrategias a través de las cuales una sociedad organiza un modo de distribución, difusión y acceso al saber que ella misma produce, y por lo tanto, una vía por la cual una sociedad se piensa, se construye y se transforma a sí misma. Los *modelos de sociedad* son formas de organización de la vida colectiva que delinean un modo de vivir, de pensar, de trabajar y de conocer.

Los modelos editoriales no son políticamente neutrales, sino que plantean consecuencias prácticas sobre el modo en que se distribuye y accede al conocimiento y, por lo tanto, influyen en el tipo de sociedad que construimos y reproducimos. En este marco, se evidencia una tensión esencial entre dos modelos editoriales principales: el modelo tradicional basado en el *copyright* y el modelo emergente basado en el *copyleft.* El modelo tradicional significa literalmente el 'derecho de copia' y expresa la apropiación privada de bienes culturales comunes, lo que crea restricciones para la copia y dificulta la libre circulación de las obras. Por el contrario, el *copyleft* o 'libertad de copia' es una forma de ejercicio de los derechos de autor en el campo del arte, la ciencia y la tecnología. Su particularidad radica en que el autor de un trabajo creativo libera una obra bajo una licencia que permite el uso, copia, modificación y distribución de la obra protegida y, al mismo tiempo, estipula una cláusula que garantiza la preservación de dichas libertades en las obras derivadas o modificadas. Con todo, el libro del *copyright* es un objeto que no puede circular si no se ha pagado el derecho a acceder a una copia. El libro del *copyleft* es un objeto concebido esencialmente para circular libremente en múltiples formatos y canales. Para emplear una metáfora visual, el *copyright* instituye un *libro-monumento* con una estructura rígida imposible de modificar y transformar. Por su parte, el *copyleft* crea un *libro-río* cuyo cauce se construye y moldea adaptativamente en los intersticios de la cultura. Mientras que el libro-monumento está allí para ser contemplado, el libro-río permite ser navegado y transformado.

Es necesario ser claros en una cuestión: el *copyleft* no es un paraíso editorial que resuelve todos los males y limitaciones del *copyright.* No hay que ser incautos al respecto. La libertad de copia encarnada en el *copyleft* no implica, en absoluto, trascender al capitalismo liberal, como una mirada desprevenida podría sugerir. El *copyleft* refina y extiende la idea liberal de *libertad,* despojada ahora de los derechos de copia, para alcanzar más sutilmente el terreno de la cultura y los objetos del trabajo creativo humano. La *Comunidad Editora Latinoamericana* no peca de utopismo ingenuo y es plenamente consciente de los riesgos y desafíos que supone el *copyleft.* Uno de estos desafíos que sobresale claramente es el de la sostenibilidad económica de un proyecto editorial basado íntegramente en la libertad de copia. ¿Cuál es la factibilidad y la sostenibilidad en el tiempo de una editorial cuyos libros pueden ser copiados y distribuidos libremente? La *Comunidad Editora Latinoamericana* considera que es posible construir modos de edición que permitan el auto-financiamiento y la sostenibilidad económica de publicaciones impresas y digitales de alta calidad, bajo costo y amplio alcance que trasciendan las fronteras geográficas, institucionales y disciplinares. La *Comunidad Editora Latinoamericana* asume el desafío de trabajar en el adyacente posible por la construcción de nuevas posibilidades editoriales que permitan redefinir los límites de lo que somos para apropiarnos creativamente de lo que deseamos ser.

En este horizonte de sentido se hace evidente que el *copyright* o 'derecho de copia' es un modelo que corresponde a la época de la sociedad industrial moderna,

pero no parece adecuado para el presente de una sociedad en red que pese a estar cada vez más conectada se encuentra, asimismo, cada vez más fragmentada y desunida. En el mundo contemporáneo emerge la necesidad fundamental de *religar*, esto es, de volver a conectar lo que ha sido desunido por la cultura occidental. La religancia aparece como un triple desafío de orden epistémico, ético y político. En el plano epistémico, la complejidad creciente de los problemas fundamentales de la humanidad exige, cada vez más, religar conocimientos de distintas disciplinas a través de abordajes interdisciplinarios y transdisciplinarios. En el plano ético, la religancia se expresa como el desafío de construir vías de diálogo y comprensión entre individuos, grupos, culturas y sociedades diferentes. La meta no es ya la construcción de una sociedad unidimensional ni un mundo de diferencias atomizadas y yuxtapuestas, sino lograr la unidad en la diversidad de miradas, perspectivas e identidades. En el plano político, la religancia encarna el desafío práctico de construir estrategias que permitan regenerar el lazo social para volver a ser parte de una comunidad de destino y de un proyecto de futuro compartido. El *copyleft* parece ser una estrategia más adecuada que el *copyright* para enfrentar los desafíos del mundo contemporáneo.

La *Comunidad Editora Latinoamericana* (CEL) asume el compromiso de construir un modelo editorial que promueva nuevas formas de difusión y acceso al conocimiento. Asimismo, la CEL adhiere a la filosofía del acceso abierto y el *copyleft* como marco estratégico para *religar* ideas y personas en un movimiento de pensamiento y acción a través de la publicación de obras que contribuyan a visibilizar alternativas y diseñar estrategias para construir nuevas posibilidades de la vida social, política y económica.

Como puede advertirse con claridad, el proyecto de la *Comunidad Editora Latinoamericana* no consiste en la creación de un nuevo sello editorial especializado en 'complejidad' que hace de este nuevo campo del saber el tópico principal de su fondo editorial. Esto es algo que, por otra parte, se encuentra cubierto por otras iniciativas editoriales del mundo de habla inglesa, como la serie *complexity* de la editorial *Springer.* En efecto, no se trata de hacer una editorial especializada en complejidad, sino de pensar la complejidad de los problemas fundamentales como desafío político y epistémico para volver a dar sentido al mundo y transformarlo. La apuesta decisiva de la *Comunidad Editora Latinoamericana* es asumir la complejidad como desafío paradigmático y civilizatorio para la construcción de un sistema-mundo alternativo; y no sólo la complejidad entendida como el contenido de un discurso teórico, científico y filosófico.

Así, el proyecto de la *Comunidad Editora Latinoamericana* germina en los intersticios de la crisis civilizatoria de nuestro tiempo, entendida no como una crisis política, económica o ecológica, sino, fundamentalmente, como una crisis paradigmática que afecta los principios organizadores del sistema-mundo moderno y las bases del sistema de pensamiento occidental. La crisis paradigmática constituye una crisis de pensamiento que se manifiesta como una dificultad profunda para dar sentido

a la complejidad del mundo. Nos encontramos en un espacio epocal inédito donde el desafío principal es regenerar una racionalidad abierta a la complejidad y la incertidumbre del devenir.

Frente a este reto paradigmático, la *Comunidad Editora Latinoamericana* asume la práctica editorial como una estrategia político-cultural de largo plazo para la construcción de un sistema-mundo alternativo. La visibilidad, difusión y acceso al conocimiento científico, filosófico y artístico constituyen un instrumento práctico para dar sentido, para pensar y para actuar en la complejidad del mundo.

La problematización de la relación entre los modelos editoriales y los modelos de sociedad conduce a la *Comunidad Editora Latinoamericana* a pensar la práctica editorial como una práctica social con significación política y responsabilidad ética. El proyecto de la *Comunidad Editora Latinoamericana* recupera un interrogante, formulado por Oscar Varsavsky hace más de cuatro décadas, que tiene hoy absoluta vigencia: ¿cómo es la sociedad que deseamos y cómo pasamos de la sociedad actual a la sociedad deseada? Preguntarnos por la sociedad que deseamos implica interrogarnos por el *futuro deseable* que queremos construir colectivamente como sociedad. El futuro guarda una relación no trivial con el presente. En efecto, lo que hoy llamamos 'presente' fue antes 'futuro', y nuestro 'futuro' será algún día 'presente'. Otros presentes distintos al actual podrían haber ocurrido, si otros acontecimientos, decisiones y elecciones hubieran tenido lugar en el devenir de la historia. Análogamente, múltiples futuros son posibles; hay, ciertamente, una variedad de futuros. Cuando lo que hoy llamamos 'futuro' sea 'presente', uno de esos futuros posibles se habrá realizado. Pensar constructivamente implica actuar para construir el futuro que deseamos entre esa gama variada de posibilidades.

Imaginar futuros deseables es pensar un puente entre la realidad actual y la realidad potencial, entre lo que es y lo que podría ser. Un modelo de futuro deseable es una representación o expectativa del porvenir: la intención o deseo que el futuro sea distinto al presente o al pasado. El deseo une, conecta la actualidad con el tiempo por venir: el deseo es porvenir, esperanza. La *Comunidad Editora Latinoamericana* reconoce también que el futuro es el territorio de lo incierto ya que no sabemos si podremos construir el mundo que deseamos, aunque no podemos renunciar a intentarlo. Así, la incertidumbre es la contracara de la esperanza, pero su realización exige perseverancia: el trabajo honesto y paciente de una praxis constructiva orientada a que el futuro que deseamos sea un día presente.

La *Comunidad Editora Latinoamericana* se afirma como un proyecto político y cultural que busca constituir un espacio de libertad que permita visibilizar ideas que nos ayuden a pensar constructivamente nuestros futuros deseables. De lo que se trata es de regenerar el pensamiento para regenerar el sentido de futuro. De volver a pensar el futuro como espacio de posibilidades inciertas para regenerar la esperanza y construir otros modos de vida.

La *Comunidad Editora Latinoamericana* delinea, así, un espacio de pensamiento que busca problematizar lo que somos: nuestros modos de pensar, de decir y de hacer. Asimismo, la CEL busca comprender cómo hemos llegado a ser lo que somos, a pensar como pensamos, a actuar como actuamos. Fundamentalmente, la CEL busca explorar lo que podemos ser a partir de concebir lo que deseamos ser. La *Comunidad Editora Latinoamericana* es una invitación y una apuesta para pensar constructivamente el futuro y, así, pasar del ser al devenir y del devenir al porvenir. En una palabra: apropiarnos creativamente del futuro construyendo nuevos posibles.

Leonardo G. Rodríguez Zoya

Buenos Aires, 19 de octubre de 2016

INTRODUCCIÓN GENERAL A LA OBRA

La ciencia, la sociedad, la universidad, la educación, la política, las empresas, las organizaciones, los individuos e, incluso, la humanidad en su conjunto, se enfrentan cada vez más a *problemas de complejidad creciente*. En este contexto nuevos desafíos emergen para todos los actores sociales, políticos, económicos y científicos. La complejidad de los problemas fundamentales de nuestras sociedades exige nuevas estrategias de pensamiento, de conocimiento y de acción. Comprender la complejidad se vuelve un desafío crucial para visibilizar alternativas y construir nuevas posibilidades en un futuro incierto.

La transformación de la sociedad actual en una sociedad más deseable requiere, ineludiblemente, la comprensión, planificación estratégica y acción transformadora sobre *problemas complejos fundamentales*. La motivación principal de esta obra ha sido asumir colectivamente el desafío teórico y práctico, epistémico y político, científico y filosófico de problematizar la complejidad como un concepto paradigmático que puede ayudarnos a pensar y redefinir las posibilidades y límites de nuestros modos de pensamiento, de nuestras estrategias de construcción de conocimiento y de nuestros modos de objetivación de la realidad. En este contexto adquiere pertinencia *la emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina* como estrategia colectiva para pensar y actuar los múltiples desafíos que suponen los problemas complejos del Sur en el siglo XXI.

Esta obra colectiva es el resultado de un proyecto internacional animado por la *Comunidad de Pensamiento Complejo* (CPC) que tuvo como objetivo estratégico dos metas principales. Por un lado, se propuso construir un espacio de encuentro entre investigadores que trabajan desde diferentes enfoques de complejidad en la región pero que todavía no se han reunido en un diálogo colectivo e interdisciplinario. Por otro lado, se pretendió incentivar la reflexión crítica sobre los aportes que los enfoques de la complejidad, en todas sus expresiones teóricas y metodológicas, pueden realizar a la comprensión de los problemas complejos de América Latina.

La concepción y desarrollo de esta obra implicó la construcción de un colectivo de trabajo integrado por más de treinta colegas de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, España, Francia, México, Uruguay y Venezuela que desempeñaron distintos roles y funciones en un proceso editorial de gran envergadura. La construcción de la obra se llevó a cabo a través de una convocatoria pública y abierta a la comunidad

académica internacional en cuyo marco se recibieron 237 contribuciones de 350 autores pertenecientes a 14 países. Todas las contribuciones fueron sometidas a un riguroso proceso de evaluación que permitió seleccionar los trabajos de mayor calidad académica que componen los tres tomos de *La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina.*

Así, esta obra testimonia un esfuerzo colectivo sistemático e inédito en el campo de la complejidad de habla hispana, tomando en consideración la modalidad en que fue concebida y construida la obra, la diversidad y relevancia de los temas tratados, así como la magnitud y alcance de la obra en su conjunto que reúne más de cuarenta contribuciones de sesenta investigadores de América Latina y España.

Cada uno de los tres tomos que componen esta obra colectiva se encuentra organizado en tres partes. La Primera Parte propone problematizar los *paradigmas, teorías y métodos de la complejidad*, a través del análisis crítico de los fundamentos lógico-epistemológicos, los supuestos ontológicos, las consecuencias metodológicas y las implicancias ético-políticas que estos enfoques plantean. La Segunda Parte abre un espacio de reflexión para pensar *la complejidad de los problemas de América Latina en el siglo XXI*. En tal sentido, se trata de asumir el desafío práctico que supone movilizar los diferentes marcos teóricos y metodológicos de los enfoques de la complejidad para pensar, conceptualizar y abordar los problemas centrales que América Latina debe afrontar en el tercer milenio en los diferentes ámbitos de la vida individual y colectiva: la educación, la política, el desarrollo ético, la economía, la cultura, el medio ambiente, la ciencia y la tecnología. Finalmente, la Tercera Parte se orienta a visibilizar *experiencias prácticas, proyectos de investigación y programas de acción* sustentados en los enfoques de la complejidad y orientados a intervenir sobre problemáticas concretas.

Historia de una idea: concepción, dinámica y obstáculos del proyecto de libro colectivo

El proyecto de un libro colectivo sobre la emergencia de la complejidad en América Latina fue concebido en el seno de la *Comunidad de Pensamiento Complejo* en el año 2009. Desde entonces han transcurrido siete largos años hasta la actualidad de nuestro presente en el que se concreta la publicación impresa del Tomo I de esta obra colectiva. La presentación de esta obra requiere testimoniar su propia historia: ¿Cómo y por qué surgió la idea de un libro colectivo sobre los enfoques de complejidad en América Latina? ¿Cómo ha sido el proceso de desarrollo de la obra? ¿Por qué la aparición de esta obra se ha demorado tanto?

El nacimiento de la idea: el horizonte político-epistémico del libro colectivo

La idea de un libro colectivo sobre complejidad estuvo animada por uno de los valores fundacionales de la *Comunidad de Pensamiento Complejo:* la convicción en la importancia de la *religancia* como desafío práctico y como estrategia colectiva para

enfrentar la complejidad de los problemas fundamentales de la humanidad en el siglo XXI. *Religar* quiere decir articular lo que ha sido desunido: nuestros saberes y nuestras prácticas. Los primeros se encuentran aislados en disciplinas hiperespecializadas e incomunicadas. Las segundas se evidencian cada vez más atomizadas en una sociedad fragmentaria y una cultura individualizante. Por un lado, la fragmentación del saber pone de manifiesto una inadecuación profunda entre la complejidad creciente de los problemas fundamentales a los que se enfrentan nuestras sociedades y el modo disciplinario, hiperespecializado, fragmentario y disyuntivo de producir y organizar el saber que predomina en la cultura académica y en la organización institucional de la universidad y los sistemas de ciencia y técnica. Por otro lado, en relación con las prácticas, la acentuación del individualismo expresa la dificultad para pensar y construir proyectos colectivos que permitan dar sentido a un futuro compartido.

En estas coordenadas epocales, la *Comunidad de Pensamiento Complejo* aspira a liderar un movimiento científico, político y cultural comprometido con la necesidad de pensar y actuar colectivamente los problemas complejos del Sur, desde el Sur y para el Sur, sin descuidar su interrelación con la dinámica planetaria. Así, la CPC se propone religar a las personas e instituciones interesadas en la investigación, difusión, formación y aplicación del pensamiento complejo y los sistemas complejos en la ciencia, la filosofía, el arte, la educación y la política.

El proyecto político-científico de la *Comunidad de Pensamiento Complejo* asume 'la idea de complejidad' como un valor fundamental en la ciencia, la política, la educación y la vida. Ciertamente, la complejidad como desafío político, ético y epistémico aspira a reformular la concepción práctica de la ciencia y pretende ayudar a dar sentido a un paradigma civilizatorio emergente. En esta perspectiva, no hay oposición ni antagonismo entre las ciencias de la complejidad y el pensamiento complejo, entre la complejidad restringida y la complejidad generalizada. Por el contrario, se trata de desarrollar conjuntamente el pensamiento y las ciencias de la complejidad como estrategia para enfrentar los problemas complejos de nuestro tiempo.

Por un lado, la idea de complejidad conduce a pensar y construir una práctica científica epistemológicamente reflexiva, teóricamente rigurosa, metodológicamente factible, empíricamente operativa, políticamente consciente y humanamente relevante. Por otro lado, la idea de complejidad problematiza y resignifica la crisis de la modernidad occidental. La crítica a la racionalidad moderna, a sus excesos, insuficiencias y límites no puede conducir al abandono del pensamiento racional. El desafío crucial consiste en regenerar una racionalidad abierta a la complejidad y a la incertidumbre que sea capaz de problematizar sus propios límites.

Desde su fundación en el año 2002, la CPC ha promovido el acceso abierto al conocimiento y el desarrollo de proyectos colaborativos como una estrategia para construir espacios que permitan pensar y actuar colectivamente sobre problemas complejos. En esta andadura, surge el proyecto de libro colectivo con el propósito de mostrar la recepción y el desarrollo de los distintos enfoques de complejidad en América Latina, desde una perspectiva plural que permita dar voz a las diversas

tradiciones teóricas y metodológicas. A su vez, el libro colectivo constituye una apuesta que aspira a religar y tornar visibles a las personas, grupos e instituciones que trabajan en complejidad en la región pero que no necesariamente se habían articulado previamente en un proyecto común ni tenían conocimiento del trabajo realizado por otros colegas. De este modo, el libro colectivo da testimonio de la existencia y visibiliza la emergencia de una comunidad académica que realiza un trabajo intelectual sistemático en torno a la idea de complejidad en América Latina. Además, el libro colectivo pretende brindarle a dicha comunidad académica una imagen de sí misma, con el fin de promover y estimular la organización de ese colectivo de pensamiento como un movimiento intelectual con alcances filosóficos, científicos y políticos. En definitiva, la apuesta fundamental de esta obra es que la comunidad de investigadores que trabajan en todas las vertientes de la complejidad pueda pensarse a sí misma como un proyecto político-filosófico y político-científico. La emergencia de este libro promueve la emergencia de un colectivo de pensamiento y de acción capaz de problematizar la complejidad de nuestro presente y construir un futuro mejor.

La dinámica del proyecto de libro colectivo

La idea de un libro colectivo sobre complejidad nació en el otoño del año 2009. Durante el invierno de ese mismo año se consolidó el *equipo interdisciplinario de trabajo* encargado de la gestión del proyecto, el cual estuvo integrado por cinco profesores e investigadores de Argentina: Julio Leonidas Aguirre de la Universidad Nacional de Cuyo, Miriam Dolly Arancibia de Calmels y Belén Ramet de la Universidad Nacional de San Juan, Valeria M. Elizalde de la Universidad Nacional de La Pampa y Paula G. Rodríguez Zoya de la Universidad de Buenos Aires.

Ese mismo invierno se organizó el *Consejo Científico* de la publicación presidido por Edgar Morin e integrado por seis investigadores referentes de la complejidad de Cuba, México, Francia, Colombia y Argentina: Pedro Luis Sotolongo, presidente fundador de la Cátedra para el Estudio de la Complejidad del Instituto de Filosofía de La Habana, Cuba; Rafael Pérez-Taylor, profesor e investigador del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México; Jean-Louis Le Moigne, presidente de la Asociación Europea de Modelización de la Complejidad y de la Red de Inteligencia de la Complejidad; Carlos Eduardo Maldonado, profesor e investigador de la Universidad del Rosario, Colombia; Pascal Roggero, profesor e investigador de la Universidad de Toulouse 1-Capitole, Francia; y José Antonio Castorina, investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina y profesor de la Universidad de Buenos Aires.

La composición del *Consejo Científico* estuvo motivada no sólo por la trayectoria académica e intelectual de cada uno de sus miembros, sino que además procuró expresar la diversidad de perspectivas, controversias y tradiciones sobre la complejidad. Así, se invitó a Edgar Morin por ser uno de los filósofos contemporáneos más prominentes que ha desarrollado una reflexión sistemática sobre el pensamiento complejo. Por su parte, Pedro Sotolongo, científico y filósofo cubano, ha sido uno de

los pioneros en procurar una convergencia entre el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad en una perspectiva que articula una mirada sobre las ciencias naturales y las ciencias sociales y humanas. Además, Sotolongo ha sido el animador de los célebres Seminarios Bienales Internacionales de Complejidad de La Habana entre el año 2002 y 2008, contribuyendo de modo significativo a la difusión de los enfoques de la complejidad en América Latina. Rafael Pérez-Taylor ha desarrollado una línea de investigación original en torno a una antropología de la complejidad humana que incorpora una perspectiva transdisciplinaria sobre la vida, integrando enfoques simbólico-hermenéuticos y aportes de la biología y las ciencias de la vida. En relación con la figura de Jean-Louis Le Moigne cabe destacar sus aportes originales a la modelización de los sistemas complejos, la epistemología constructivista de Jean-Piaget, la teoría de sistemas y las ciencias de la gestión. Su formación como ingeniero, su experiencia en la dirección y gestión organizacional y su trabajo académico han fecundado un modo original de pensar y actuar la complejidad que puede caracterizarse como una epistemología pragmática orientada a religar la reflexión y la acción, el conocimiento y las prácticas, como proyecto cultural, cívico y científico.

La invitación a Carlos Eduardo Maldonado estuvo doblemente motivada. Por un lado, por el trabajo pionero, riguroso y sistemático desarrollado por Maldonado en torno a una filosofía de las ciencias de la complejidad y las lógicas no clásicas. Sin lugar a dudas, la obra de Maldonado puede emplazarse como la principal contribución a las ciencias de la complejidad desde el campo de la filosofía en América Latina. Por otro lado, Maldonado ha sido uno de los primeros en plantear una crítica sistemática al pensamiento complejo de Edgar Morin y ha reclamado, en consecuencia, la necesidad de elaborar un criterio de demarcación entre las ciencias de la complejidad y la complejidad como método y cosmovisión. Con esta crítica emerge por primera vez el campo de la complejidad como espacio controversial en América Latina.

En relación con la obra del sociólogo francés Pascal Roggero cabe destacar su contribución al desarrollo de un programa de investigación inédito, tanto en Francia como en América Latina, que articula en el terreno científico -y no sólo discursivo o teórico- el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad. En efecto, Roggero ha movilizado la teoría de la auto-eco-organización de Edgar Morin para desarrollar investigaciones empíricas sobre la dinámica de las organizaciones y sistemas territoriales. De este modo, el trabajo de Roggero constituye, posiblemente, una de las primeras aplicaciones científicas del pensamiento complejo en el campo sociológico. Asimismo, una de las contribuciones más significativas del trabajo de Roggero consiste en la incorporación de las metodologías de modelización y simulación de sistemas complejos, en particular los sistemas multi-agente, para operacionalizar el concepto de auto-eco-organización desarrollado por Edgar Morin. Este trabajo se ha cristalizado en una plataforma informática, llamada *SocLab,* para la modelización y simulación de organizaciones sociales concretas.

Por último, pero no menos importante, cabe destacar el pensamiento y la obra de José Antonio Castorina, uno de los mayores referentes sobre epistemología genética y representaciones sociales en América Latina. Además de sus contribuciones originales

al campo de la psicología del desarrollo, la construcción del conocimiento social, la epistemología de la psicología, la psicogénesis de los conocimientos infantiles, Castorina ha sido un colaborador cercano a Rolando García, co-autor de Jean-Piaget en sus últimas obras, entre las que se destacan *Psicogénesis e Historia de la Ciencia*. El trabajo de García adquiere singular importancia por haber desarrollado una teoría constructivista de los sistemas complejos y fundamentado una metodología de investigación interdisciplinaria de problemáticas complejas concretas. Asimismo, la obra de García condensa una crítica certera tanto al pensamiento complejo como a las ciencias de la complejidad, expandiendo el horizonte controversial de los enfoques de la complejidad en América Latina.

Además de la organización del equipo interdisciplinario de trabajo y del Consejo Científico, durante el invierno de 2009 se consolidó el equipo de coordinadores temáticos para la evaluación de los trabajos recibidos en la convocatoria. El proyecto de libro colectivo aspira a realizar una publicación relevante y de alta calidad académica, razón por la cual se instrumentó un sistema de arbitraje similar al empleado en las revistas científicas indexadas. Con el objeto de constituir el Comité de Evaluación se empleó la *Red de Conocimiento Abierto de la Complejidad* (RedCOM). Esta plataforma informática desarrollada por la Comunidad de Pensamiento Complejo, constituye una red social de trabajo colaborativo sobre complejidad. A través de RedCOM se buscaron, contactaron y convocaron a los candidatos para integrar el Comité de Evaluación. En todos los casos se procuró seleccionar investigadores con pertinencia disciplinaria en los distintos ejes de la convocatoria, atendiendo a respetar la mayor representatividad geográfica de los países de la región.

El equipo de coordinadores temáticos estuvo integrado por veintiún investigadores de ocho países, de los cuales dieciocho pertenecían al mundo de habla hispana y tres al de habla portuguesa. El primer eje temático de la convocatoria sobre *Paradigma, teorías y métodos de la complejidad* estuvo integrado por Elba Riera y Josefina Fantoni de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina; Álvaro Malaina Martin de la Universidad Complutense de Madrid, España y secretario general, en ese momento, de la Asociación por el Pensamiento Complejo; y Fernando Almarza-Rísquez de la Universidad Central de Venezuela.

El segundo eje sobre *la complejidad de los problemas de América Latina* estuvo organizado en cinco sub-ejes. (i) El sub-eje de *educación*, integrado por Bernardo Castro Sáez del Departamento Provincial de Educación de Valdivia, Chile, y Jorge Hernán Calderón López de la Universidad de Santiago de Cali, Colombia. (ii) El sub-eje de *política*, integrado por Alberto Montbrun de la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina, y Antonio Elizalde de la Universidad de Los Lagos, Chile. (iii) El sub-eje de *sociedad*, integrado por Gabriel Ríos de la Universidad de la República, Uruguay, Arlet Rodríguez Orozco de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México, y Marcelo Chacón Reyes de la Universidad de Camagüey, Cuba. (iv) El sub-eje de *ecología, ambiente y desarrollo sustentable*, integrado por Juan Pablo Martínez Dávila del Colegio de Postgraduados (COLPOS), México, Silvina Corbetta de la Universidad de Buenos Aires, Argentina, y José Otocar Reina Barth de la Universidad

Nacional de Colombia. Y finalmente, (v) el sub-eje de *ciencia y tecnología*, integrado por Eduardo Glavich y Lionel Lewkow de la Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Por último, el tercer eje sobre *proyectos de investigación y programas de acción* estuvo integrado por Rubén José Rodríguez de la Universidad de Buenos Aires, Argentina, y Susana Deiana de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina.

Por otra parte, el equipo de coordinación en portugués estuvo integrado por los profesores de Brasil: Sérgio Luís Boeira de la Universidade do Vale do Itajaí, Antônio Sales de la Universidade Federal do Ceará y Júlio Torres de la Universidade de Fortaleza.

Tras esta labor organizativa inicial, el proyecto de libro colectivo germinó en la primavera de 2009 y fue lanzado a través de una convocatoria pública y abierta en español y portugués a la comunidad académica internacional, el día 16 de septiembre de aquel año. Todos los materiales del proyecto, incluyendo el texto detallado de la convocatoria, la gacetilla de prensa y la campaña gráfica se encuentran disponibles en el sitio web de la Comunidad de Pensamiento Complejo[1]. Quizás, resulte relevante, en este contexto, reproducir aquí los objetivos que se fijó el proyecto de libro colectivo. En primer lugar, el objetivo general se propuso "convocar a todos los actores individuales, grupales e institucionales que desarrollan actividades vinculadas con las teorías y enfoques de la complejidad a formar parte de una publicación colectiva que aborde los principales problemas de América Latina (humanos, sociales, políticos, económicos y culturales)". En segundo término, los objetivos específicos fijaron los lineamentos operativos del proyecto:

- Producir una publicación científica que será editada bajo la forma de un libro colectivo de acceso abierto en soportes de diferentes tipos.
- Reunir a todas las personas e instituciones que trabajan en la región de América Latina en torno a los enfoques de la complejidad que hasta el momento no se han encontrado en una reflexión inter y transdisciplinaria.
- Reflexionar críticamente sobre los desafíos, contribuciones y compromisos que los enfoques de la complejidad pueden realizar a la formulación de estrategias para la solución de los problemas hipercomplejos de América Latina.
- Realizar la más consolidada y consensuada actualización del diálogo teórico, epistemológico y metodológico sobre los diversos enfoques de la complejidad, con la finalidad de: analizar críticamente los puntos de coincidencia y discrepancia entre los enfoques; identificar los ejes comunes; indagar en sus fundamentos lógicos-epistemológicos-ontológicos; y reflexionar sobre sus implicancias y desafíos para la práctica científica y la construcción de conocimiento.
- Formar una red de conocimiento sobre complejidad que permita vincular de modo sistemático a los actores individuales, grupales e institucionales en la

[1] Véase: http://www.pensamientocomplejo.org/convocatoria/index.asp

región de América Latina, para contribuir con la difusión de las producciones teóricas y las investigaciones realizadas o en curso.

- Identificar los principales obstáculos para instalar culturalmente el nuevo paradigma de la complejidad en nuestras sociedades (desafíos comunicacionales, discursivos, lingüísticos, educacionales, políticos, etc.).

La convocatoria para la recepción de contribuciones se organizó en dos momentos: recepción de resúmenes y recepción de trabajos completos. Asimismo, cada uno de estos momentos se articuló con fases de evaluación y arbitraje. En primer lugar, se recibieron resúmenes de propuestas de trabajo desde el lanzamiento de la convocatoria hasta abril de 2010. Los resúmenes fueron sometidos a una evaluación y selección por parte de los coordinadores de los ejes temáticos, tarea que se concluyó en septiembre del mismo año. En segundo lugar, hasta abril de 2011, se recibieron las contribuciones de texto completo de los resúmenes aceptados. Todos los artículos recibidos fueron sometidos a un proceso de arbitraje. El sistema de evaluación se organizó en cinco dimensiones: (i) pertinencia del trabajo en el eje de la convocatoria; (ii) originalidad y relevancia del tema; (iii) claridad y precisión conceptual; (iv) organización y coherencia argumental; y (v) aspectos formales, ortografía, gramática y sintaxis. Para cada una de estas dimensiones, el evaluador debía efectuar una valoración cualitativa en una escala de cinco ítems (no satisfactorio, poco satisfactorio, satisfactorio, muy satisfactorio, altamente satisfactorio) y una observación cualitativa fundamentando la valoración. Asimismo, el evaluador debía dictaminar el artículo a través de una calificación global de cuatro ítems (no aceptado, observado, aceptado y recomendado) e incluir una síntesis fundamentada de su decisión.

El éxito de la convocatoria fue mayúsculo y sobrepasó cualquier expectativa inicial. Participaron de la convocatoria más de tres centenares de autores con más de 230 contribuciones de un total de 14 países. La Tabla 1 presenta una información detallada de las contribuciones recibidas, indicando el eje de la convocatoria y el país de procedencia. Asimismo, el Gráfico 1 presenta una comparación sintética de las contribuciones de cada país diferenciadas por eje de la convocatoria[2].

	Total	**Posición**	**Eje 1**	**Eje 2 (por sub-eje)**					**Eje 2 (Total)**	**Eje3**
				2.1	**2.2**	**2.3**	**2.4**	**2.5**		
Argentina	55	1	19	8	4	11	6	2	31	5
Bolivia	1	12	0	0	0	1	0	0	1	0
Brasil	43	2	12	15	2	3	3	2	25	6
Chile	4	9	1	1	0	0	0	0	1	2
Colombia	32	4	6	12	0	4	3	1	20	6

[2] La información de la Tabla 1 y Gráfico 1 forman parte de un análisis descriptivo del trabajo en complejidad en América Latina y el Caribe, desarrollado por Julio L. Aguirre y Leonardo G. Rodríguez Zoya publicado en el libro *Exploraciones de la complejidad. Aproximación introductoria al pensamiento complejo y la teoría de los sistemas complejos.* El libro se encuentra disponible en línea en este enlace: http://www.pensamientocomplejo.com.ar/documento.asp?Estado=VerFicha&IdDocumento=565

Costa Rica	1	12	0	1	0	0	0	0	1	0
Cuba	21	6	7	2	0	2	1	5	10	4
España	9	7	5	1	1	1	1	0	4	0
Francia	2	11	1	0	0	1	0	0	1	0
Italia	1	12	0	0	0	0	0	1	1	0
México	37	3	9	11	1	6	6	0	24	4
Perú	5	8	2	3	0	0	0	0	3	0
Uruguay	2	10	0	0	0	0	0	1	1	1
Venezuela	24	5	9	5	0	1	3	2	11	4
TOTALES	**237**		**71**	**59**	**8**	**30**	**23**	**14**	**134**	**32**
Porcentajes	**100%**		**29,96%**						**56,54%**	**13,50%**

Tabla 1. Contribuciones recibidas para el proyecto de libro colectivo.

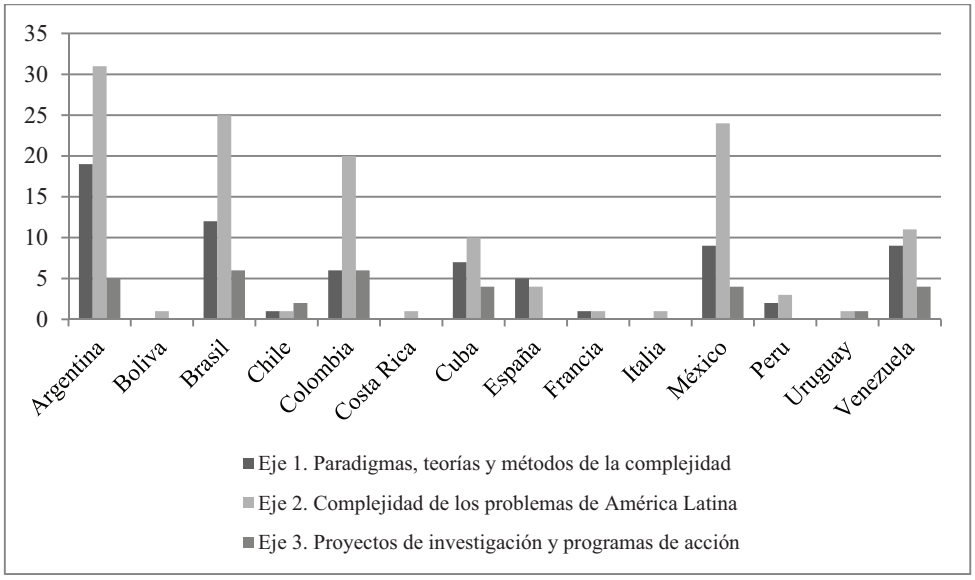


Gráfico 1. Distribución de las contribuciones por país y por eje temático.

Concluido el proceso de evaluación el proyecto de libro colectivo enfrentó dos tareas de gran envergadura. Por un lado, sistematizar la enorme cantidad de material aceptado en un corpus organizado y coherente. La revisión del material aceptado y la corrección de estilos demandaron un trabajo intenso hasta febrero del año 2012, mientras que la organización del material y la planificación de los tomos de la obra se concluyó en diciembre de 2013. Hasta el presente hay proyectados tres tomos en español y un tomo adicional en portugués. Por otro lado, se contactaron a las principales editoriales de América Latina y se iniciaron conversaciones para concretar la publicación de los distintos tomos de la obra. Es en esta fase que el proyecto encontró los mayores obstáculos y debió sortear un sinnúmero de dificultades.

Los obstáculos y las dificultades de la emergencia del libro colectivo

Este libro colectivo debería haber visto la luz hace varios años. Con toda crudeza podemos decir que a la obra *La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina* le ha costado emerger. ¿Cuáles han sido las dificultades de dicha emergencia? Las dificultades han sido, principalmente, de dos tipos: una logística-organizativa, la otra económico-financiera.

En primer lugar, la enorme acogida de la convocatoria, concretada en más de dos centenares de artículos desbordó rápidamente la capacidad de trabajo del equipo. Esto produjo de modo inevitable una dilación de los plazos inicialmente previstos para la evaluación de los resúmenes y de los artículos, sumado al posterior trabajo de revisión de estilos y organización del corpus de la publicación. Bajo ningún punto de vista resultaba aceptable sacrificar la calidad de la publicación con el objetivo de acelerar los tiempos editoriales. Se realizó un trabajo a consciencia, no exento de tensiones y controversias, sustentado en la colaboración de algunas manos voluntarias que contribuyeron de modo incansable para que el proyecto pudiera salir adelante. Entre estas manos, hay que destacar, principalmente, la ayuda incondicional de Julio L. Aguirre, Paula Rodríguez Zoya y Rubén J. Rodríguez.

En segundo lugar, se estableció contacto con cinco grandes editoriales con presencia en los distintos países de América Latina. El objetivo era asegurar la visibilidad y acceso a una publicación que aspiraba a llegar a todos los rincones del sur latinoamericano y caribeño. Muy pronto, el proyecto se vio confrontado a dos problemas: el alto costo de las ediciones comerciales y una tensión profunda entre la lógica del *copyright* que predomina en las editoriales y la filosofía y los valores del proyecto. En efecto, el comercio editorial se encuentra montado sobre la propiedad privada de los derechos de copia, lo cual restringe la libertad de copia del material publicado y garantiza al editor la exclusividad de la obra para asegurar una ganancia en función del capital que ha invertido para publicarla. Es por esta razón que en la mayoría de los libros que circulan entre nosotros aparecen leyendas de 'reserva de derechos' y 'prohibición de reproducción'. Un ejemplo típico dice:

> Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra, por cualquier medio de impresión, en forma idéntica, extractada o modificada, en castellano o en cualquier otro idioma.

Pero también hay reservas de derechos más extensas y detalladas como ésta:

> Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeran, plagiaren, distribuyeran o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soportes o comunicada a través de cualquier medio, sin la previa autorización.

Asimismo, se registran leyendas más extremas en cuanto a la restricción de derechos:

> Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, en español o cualquier otro idioma, ni registrada en o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia, o cualquier otro, inventado o por inventar, sin el permiso expreso, previo y por escrito del editor.

Pues bien, la hegemonía del *copyright* supuso un duro golpe para la viabilidad del proyecto cuyas dificultades no habíamos inicialmente previsto en toda su magnitud y escala. Más aún, resultaba francamente imposible traicionar los valores fundacionales de un proyecto internacional sin fines de lucro que se planteaba el "desafío de elaborar colectivamente nuevas formas de construcción y difusión de conocimiento", según se afirmaba en la convocatoria. Además, el proyecto estaba animado por "una filosofía de trabajo participativa y colaborativa centrada en los valores de acceso público, gratuito y libre a la información con la finalidad de estimular la democracia cognitiva".

Asimismo, la convocatoria del proyecto explicitaba lo siguiente:

> Las múltiples realidades económicas y editoriales de América Latina exigen pensar un modo adecuado para que la publicación colectiva pueda llegar a toda nuestra región. Asumir ese reto implica concebir una estrategia de distribución descentralizada de la publicación a través de diversos canales y formatos.
>
> Por estas razones, el producto final del proyecto consistirá en la edición de un libro de acceso abierto, lo que permitirá que el mismo sea impreso y distribuido por medio de múltiples canales (hipermedial, electrónico, impreso) en los diferentes países de América Latina y el mundo.
>
> El acceso abierto implica la cesión de los derechos económicos sobre la publicación pero no de los derechos morales. De modo que cada autor conserva los derechos de propiedad intelectual y es responsable por los contenidos enunciados en su publicación.

En definitiva, había una contradicción profunda entre, por un lado, los valores del proyecto de libro colectivo y la lógica editorial con la que aspirábamos construir la publicación y, por el otro, las reglas de juego que regían la dinámica del mercado editorial en América Latina. A esta dificultad normativa-institucional se sumó un obstáculo económico: la publicación de cada tomo demandaba, en promedio, una inversión de cinco mil dólares. De tal modo que la publicación de la obra completa demandaría algo más de veinte mil dólares. El lector poco familiarizado con el mercado editorial puede verse sorprendido por estas cifras. No obstante, constituye una realidad cotidiana que las editoriales demanden la financiación o co-financiación de los

autores para viabilizar la publicación. En contraprestación ofrecen algunos libros en una cantidad variable, en general entre cien y ciento cincuenta ejemplares. Con todo, no disponíamos del capital necesario para concretar la edición impresa ni teníamos modo de conseguirlo. Así, el proyecto parecía desembocar en un callejón sin salida y se comprometía la factibilidad global de la publicación. Una vez más, es necesario explicitar que todo el proyecto de libro colectivo se ha realizado gracias al trabajo voluntario, comprometido y apasionado de muchas personas.

El análisis y diagnóstico de la situación en la que se encontraba el proyecto nos condujo a imaginar una nueva posibilidad: la creación de un sello editorial de un nuevo tipo, coherente con los valores fundacionales del proyecto de libro colectivo. Fue así como nació la *Comunidad Editora Latinoamericana.* De este modo, el problema-obstáculo financiero, económico y normativo se convirtió en una oportunidad. Para que el libro colectivo emergiera fue necesario hacer emerger una nueva editorial, es decir, crear una novedad cualitativa no advenida a la existencia: una editorial no comercial de acceso abierto. Realizamos una planificación estratégica del proyecto, concebimos el concepto de la organización y la filosofía institucional. Posteriormente, realizamos los trámites formales y registros correspondientes en la Cámara del Libro y el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial. A través de la plataforma RedCOM lanzamos una convocatoria abierta para contactar diseñadores gráficos que nos ayudaran a concretar la identidad visual de la *Comunidad Editora Latinoamericana* (CEL) y, posteriormente, el diseño editorial del libro colectivo. Fue por esta vía que entramos en contacto con Giselle Goicovic de la Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile, quien con su ayuda generosa y apasionada materializó el símbolo, logotipo e imagotipo de la CEL. Giselle fue, asimismo, quien diseñó las portadas de los tomos que componen esta obra colectiva y el material gráfico que separa las partes de cada tomo. Queda aquí testimoniado un sincero agradecimiento por su invalorable ayuda.

Como coordinador de este proyecto de libro colectivo no puedo sino expresar mi profundo y sincero agradecimiento a todos y cada uno de quienes han aportado su lucidez, inteligencia, esfuerzo y paciencia para que este proyecto se concrete finalmente. Han sido, posiblemente, más de cuatrocientas personas las que han participado de *La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina*, entre autores, evaluadores, coordinadores de eje, revisores de estilo, diseñadores, miembros del equipo de trabajo y del Consejo Científico. Gracias, especialmente, por no haber claudicado en la confianza depositada en este proyecto, por la paciencia infinita en la dilación de los tiempos y, especialmente, por compartir una visión de mundo en el cual la complejidad emerge como el gran desafío colectivo para la construcción de nuestro futuro común.

La apuesta-desafío: la complejidad del futuro y el futuro de la complejidad

Para concluir esta Introducción quisiera explicitar sucintamente cómo se inserta esta obra en el campo contemporáneo de la complejidad y cuál es su aporte diferencial, a través de una reflexión que enlaza recursivamente el problema de la complejidad del

futuro y el futuro de la complejidad. Es preciso dejar planteado dos interrogantes: ¿Qué es el futuro y cuál es nuestra relación con él? ¿Cuál es el futuro de la complejidad como práctica y discurso filosófico y científico?

En las últimas tres décadas del siglo XX, el concepto de complejidad ha hecho saltar a la palestra del discurso científico y filosófico problemas de muy distinto calibre, dando lugar a dos tradiciones o campos de pensamiento. Por un lado, a través del concepto complejidad, la racionalidad científica pretende desarrollar un nuevo modo de objetivación de la realidad que permite observar fenómenos hasta ahora difíciles o incluso imposibles de concebir por el pensamiento científico clásico. Así, el concepto de complejidad reúne un conjunto heteróclito de teorías, métodos y problemas que comprenden la geometría fractal, la dinámica no lineal, la teoría del caos, los sistemas dinámicos, el comportamiento auto-organizado y el estudio de propiedades emergentes, entre otras cuestiones. Por otro lado, la idea de complejidad organiza un campo de sentido en el cual se desarrolla un discurso filosófico y epistemológico que, sin dejar de hacer referencia a la ciencia, la trasciende en su modo de interrogación, para problematizar las posibilidades y límites del sistema-mundo moderno, las formas históricas de racionalidad y los modos predominantes de construcción y organización del saber.

Evidentemente, ambas tradiciones plantean problemas relevantes aunque sus preocupaciones son de distinto talante y se ubican, en efecto, en planos muy distintos del trabajo académico. Así, el primer campo comprende, en sentido amplio, una preocupación fundamentalmente científica orientada a la investigación empírica de los sistemas complejos en física, biología y ciencias sociales. Este territorio epistémico conlleva una reflexión filosófica; sin embargo, ésta es desarrollada, fundamentalmente, como aquello que Piaget denominaba una epistemología interna a las ciencias, es decir, una reflexión sobre los fundamentos y la validez de los conocimientos científicos de los sistemas complejos. El segundo campo, por su parte, elabora una meta-reflexión epistemológica y filosófica e, incluso, ética y política sobre la historia del pensamiento y del sistema mundo y desemboca en una problematización del presente que es interpretada como crisis civilizatoria. Desde este campo reflexivo, el principal problema no es sólo objetivar y mediar la complejidad en un sistema físico, biológico o social, sino, principalmente, imaginar mundos posibles alternativos al actual. En tal sentido, el discurso filosófico-científico de la complejidad se afirma como un trabajo del pensamiento que busca dar sentido a un paradigma civilizatorio emergente. La vocación problematizadora de ambas tradiciones puede resumirse bajo la denominación de *ciencias de la complejidad* para la primera y de *pensamiento complejo* para la segunda, aunque otras expresiones son igualmente posibles.

Con un espíritu de síntesis podría decirse que el tipo de problemas abordado por cada tradición es de una naturaleza particular: mientras que para las ciencias de la complejidad el problema prioritario es *cómo medir la complejidad,* para el pensamiento complejo la tarea mayúscula consiste en *pensar cómo pensamos la complejidad de un problema, de una experiencia, de un sistema.* Si no se comprende la especificidad y legitimidad de sendas interrogaciones, propias de cada tradición de pensamiento, el

diálogo constructivo entre ambos campos se vuelve imposible y el espacio controversial de la complejidad se encuentra bloqueado. Medir y pensar la complejidad son dos tareas cruciales y relevantes. Si pretendemos hacer ciencia no podemos dejar de medir, es decir, de construir un observable de la realidad empírica, sea éste de naturaleza cualitativa-hermenéutica, cuantitativo-estadística o experimental. Igualmente importante es la reflexión permanente y auto-crítica sobre nuestros modos de pensar, de decir y de hacer. Esta reflexividad es vital para cualquier campo de la praxis humana y se vuelve tanto más necesaria cuando hacemos ciencia, por cuanto el discurso científico se afirma como un discurso de verdad y constituye, asimismo, un discurso de poder que define y da sentido a nuestro mundo. Por lo tanto, plantear la posibilidad de una reforma del pensamiento y de una ciencia de un nuevo tipo constituye, sin dudas, un proyecto político, cultural y civilizatorio de largo alcance. Es en esta intersección donde convergen los aportes de las ciencias de la complejidad y del pensamiento complejo en todas sus variadas expresiones epistemológicas, teóricas, metodológicas, filosóficas y estéticas. Esta convergencia constructiva es posible pero todavía es incierta y frágil. Es justamente este nuevo territorio el cual pretende fecundar el esfuerzo acometido en esta obra colectiva.

Ahora bien, es preciso reconocer que toda ciencia no sólo tiene una base empírica sino también una base metafísica, aunque este nombre parece poco adecuado. La aventura del pensamiento científico consiste, precisamente, en la construcción de nuevos modos de objetivación de la realidad: del experimento al telescopio, de la encuesta sociológica a la observación participante, de un acelerador de partículas a las metodologías de investigación participativas. Asimismo, esa aventura científica está sustentada en un sistema de pensamiento tácito o paradigma, que resulta difícil de observar y problematizar pero que condiciona el modo en que percibimos, interrogamos y organizamos nuestra experiencia de la realidad. Es por ello que la ciencia y la filosofía deben ser pensadas como campos prácticos recursivamente unidos y no como dominios disciplinarios disyuntos. Es cierto que el desarrollo científico supuso un golpe a la filosofía especulativa y metafísica. De Newton a Einstein y de éste a la mecánica cuántica, la metafísica ha fracasado en el intento de fundamentar el conocimiento científico. Pero no es menos cierto que la filosofía ha sido la matriz de la ciencia, como le gustaba decir a Alexandre Koyré. Dicho en otros términos, hay una cosmovisión tácita o una filosofía implícita en todo pensamiento y práctica metodológica que busca captar científicamente la realidad. La idea de la complejidad como cosmovisión, paradigma, marco epistémico o sistema de creencias viene a iluminar la zona de penumbra de todo pensamiento y sistema cognitivo y constituye la base no empírica, no observada e incuestionada de la actividad científica.

Esta doble base empírica y metafísica de la ciencia permite explicitar el doble desafío que plantea la complejidad. De lo que se trata es de pensar y medir la complejidad de un objeto o fragmento de una experiencia problematizada y, simultáneamente, de pensar cómo pensamos y cómo medimos la complejidad problematizada y concebida como objeto.

Ciertamente, es absurdo sostener que el tipo de problemas a los que nos confrontan las ciencias de la complejidad pueden resolverse sólo en el terreno de la observación empírica, la medición científica e, incluso, la formalización matemática o la simulación computacional. Dicho de otro modo, no es posible imaginar que las ciencias de la complejidad sean ciencia sin pensamiento, sin filosofía y sin cosmovisión. Más aún, una ciencia sin pensamiento es acción sin reflexión y, por lo tanto, una potencia manipulativa de la materia física o simbólica, instrumentalmente eficiente pero ética y socialmente riesgosa. Por esta razón, resulta crucial estimular una racionalidad abierta y reflexiva, como la que elabora el pensamiento complejo, en el terreno propio de las ciencias de la complejidad. Inversamente, es igualmente absurdo afirmar que la sola práctica de pensamiento complejo puede elucidar la complejidad de lo real por la mera reflexión e intuición. Un pensamiento complejo separado de la aventura científica es una prédica sin práctica, un instrumento sin música, una partitura sin intérprete. Pues bien, si los argumentos planteados son plausibles puede afirmarse que la oposición entre pensamiento complejo y ciencias de la complejidad, entre una complejidad discursiva y una complejidad formalizante, entre la complejidad como cosmovisión y la complejidad como ciencia, entre la complejidad general y la complejidad restringida, son distintas expresiones conceptuales de un mismo pseudo-problema, una falsa oposición entre pensamiento y acción, teoría y praxis, epistemología y técnica.

Evidentemente, esto no quiere decir que la controversia entre la ciencia y la filosofía, la investigación empírica y las cosmovisiones, los sistemas complejos y el pensamiento complejo, la racionalidad objetivante y la racionalidad reflexiva, carezcan de importancia o valor teórico. Al contrario, la crítica lúcida a todo sistema de pensamiento es crucial para problematizar sus límites y trascenderlos. El peligro reside en instaurar la controversia en un campo dicotómico donde la afirmación de uno de los polos implica la anulación del otro.

Ahora bien, la discusión precedente tiene relevancia teórica al interior del campo académico y en relación a una práctica intelectual. No obstante, resulta crucial no olvidar jamás el mundo de la vida cotidiana y los saberes legos, con los cuales los seres humanos que forman nuestro mundo experimentan, problematizan, construyen y transforman la realidad social, política, económica y cultural. El porvenir de la complejidad como discurso científico y filosófico, en todas sus más variadas expresiones, sólo tendrá futuro si es capaz de construir un modo de pensar, de decir y de actuar relevante en el mundo de la vida y en relación con los problemas reales que afloran en el tejido social: la crueldad y el goce, la riqueza y la pobreza, la vida y la muerte, la esperanza y la desesperanza, la libertad y la opresión, la igualdad y la desigualdad.

A este respecto quisiera proponer una conjetura que podría dinamizar un debate colectivo constructivo. La complejidad como práctica y discurso científico y filosófico ha degenerado en *cientificismo.* El cientificismo es una forma que asume la práctica académica en las sociedades contemporáneas, tanto en la universidad como en los sistemas de ciencia y técnica. El cientificismo implica, por un lado, una forma de

construir conocimiento desvinculado de los problemas reales de la sociedad y, por el otro, científicos adaptados al sistema que privilegia su permanencia y ascenso en la carrera académica por sobre la dimensión social y política de sus prácticas.

La prominencia de una complejidad cientificista es moneda corriente tanto en las formas más discursivas y hermenéuticas de la complejidad como en el trabajo con modelos formales de sistemas complejos y en el debate filosófico de las ciencias de la complejidad. Como en otros campos, la producción intelectual en torno a la idea de la complejidad deriva en debates que sólo son relevantes, en buena medida, al interior del campo académico pero que evidencian la más profunda desconexión teórica y práctica de la realidad social concreta. Esto no quiere decir que el trabajo de abstracción y la construcción conceptual carezcan de importancia, al contrario, resultan absolutamente vitales. Pero cuando una práctica social, como lo es la ciencia y la filosofía, se aleja de los problemas reales, se vuelve más propensa al cientificismo, al debate endogámico y al fundamentalismo doctrinario. La prédica y el discurso de apariencia crítica reemplazan la verdadera práctica crítica y la contraposición argumental razonada. Cuando esto sucede se discrepa más fuertemente con quienes no hablan un mismo lenguaje en lugar de tratar de construir un punto de vista compartido en el disenso razonado, aun cuando hablemos idiomas diferentes.

Llegado a este punto quisiera llamar la atención sobre el subtítulo de esta obra colectiva que es, posiblemente, más relevante que su intitulación principal: *desafíos, contribuciones y compromisos para abordar los problemas complejos del siglo XXI.* En tal sentido quisiera proponer la siguiente reflexión. En las últimas tres décadas hemos sido testigos de un aumento vigoroso y vertiginoso de la producción teórica, la investigación empírica y la reflexión filosófica sobre sistemas complejos, ciencias de la complejidad y pensamiento complejo, entre otras numerosas expresiones alusivas al vasto y heterogéneo campo de 'la complejidad'. Sin embargo, se destaca una notable carencia: pocos o nulos esfuerzos han sido dirigidos a pensar y desarrollar la categoría de «*problemas complejos*».

En esta andadura reflexiva se afirma que la categoría de «problemas complejos» permitiría superar ciertos pseudoproblemas que se han instalado de modo estéril en el campo, por ejemplo las mencionadas dicotomías entre pensamiento complejo y ciencias de la complejidad; entre teorías discursivas de la complejidad y algoritmos complejos; entre métodos filosófico-reflexivos y metodologías centradas en la modelización matemática y la simulación computacional; entre el lenguaje natural y el lenguaje formal, entre otras. Si esta andadura es fecunda la noción de «problemas complejos» permitiría, por lo tanto, una verdadera reorganización paradigmática del campo de la complejidad, resignificando los principales problemas teóricos, epistemológicos y metodológicos existentes y señalando los más urgentes desafíos prácticos que deberían enfrentarse en el plano científico y social.

El concepto de problemas complejos es tanto una apuesta teórica y epistémica, como ética y política que podría vincular constructivamente el discurso científico y filosófico de la complejidad con los problemas reales concretos. Como conjetura, puede señalarse que la categoría de «problemas complejos» permite integrar de modo

coherente y fecundo los aportes más significativos del pensamiento complejo de Edgar Morin, la metodología de investigación interdisciplinaria desarrollada por Rolando García y los avances técnico-metodológicos en modelado y simulación de sistemas complejos desplegados por las ciencias de la complejidad. La integración de estos tres enfoques a la luz de la categoría de «problemas complejos» permite superar las limitaciones de cada perspectiva considerada aisladamente y, al mismo tiempo, estimular una ciencia con consciencia, es decir, una ciencia que no renuncie a objetivar la complejidad del mundo pero que, simultáneamente, se interrogue por su significación social, ética y política.

Para el desarrollo constructivo del concepto «problemas complejos» en el terreno de la práctica científica efectiva sería necesario responder tres interrogantes críticos: ¿Qué es un problema complejo? ¿Cuál es la metodología más adecuada para abordar su estudio? ¿Qué implicancias éticas y políticas plantea la noción de problemas complejos tanto para la práctica científica como para el diseño de políticas de estado en ciencia y tecnología? Evidentemente, no es éste el lugar para dar respuesta a este problema pero sí cabe dejar planteados tres ejes de reflexión que articulan esta apuesta: (i) la fundamentación epistemológica de la categoría de «problemas complejos», (ii) la tesis que la metodología de investigación interdisciplinaria es una estrategia adecuada para el estudio de este tipo de problemáticas; y (iii) el señalamiento del carácter ético y político del concepto «problemas complejos».

La categoría de problemas complejos nos confronta a problematizar la complejidad del presente y a imaginar constructivamente futuros posibles. Resulta evidente que transformar nuestro mundo a escala local, comunitaria, social o planetaria implica comprender, planificar y gestionar problemas complejos en todos los ámbitos de la vida social, política y económica. Asimismo, incorporar constructivamente el concepto de futuro en el pensamiento científico significa abrir la racionalidad a la incertidumbre del devenir. No se trata de predecir el futuro: es decir, de calcular la probabilidad de la ocurrencia de un evento. El verdadero desafío es movilizar todas las herramientas de la ciencia, teóricas y prácticas, para diseñar creativamente futuros posibles, evaluar su factibilidad y construir estrategias para su efectiva realización. Ciertamente, una ciencia constructiva, como la llamó Oscar Varsavsky, orientada hacia la producción reflexiva y práctica del futuro deseable es aún hoy una novedad epocal. Una ciencia constructiva, es decir, una ciencia orientada a la construcción del futuro representa un peligro y una oportunidad. El peligro reside en el riesgo, siempre presente, que supone la degeneración instrumental de la ciencia como herramienta de manipulación y control. La oportunidad reside en la posibilidad de emergencia de una racionalidad abierta a través de la cual la creatividad del hombre diseña el futuro como campo incierto de posibilidades y evalúa su factibilidad, al mismo tiempo que construye a través de la práctica su propio devenir.

Pensar el futuro es imaginar mundos posibles. Imaginar creativamente un futuro deseable es concebir el mundo que queremos construir para las nuevas generaciones. Ciertamente, no se trata de aproximarnos al futuro desde una razón ingenua que imagina el tiempo por venir como la realización optimista de una certeza voluntarista.

Por el contrario, se trata de pensar constructivamente el futuro como un plexo de posibilidades y de problematizar la complejidad del presente como campo estratégico de relaciones de saber-poder que configuran el sentido de lo que llamamos realidad.

Eliminar el futuro de nuestra reflexión individual y colectiva es aceptar vivir en un mundo en devenir en el cual nuestros valores, nuestros deseos y nuestros sueños han sido eliminados. Vivir sin futuro es el lento transcurrir de la historia sin emoción. Incorporar reflexivamente el futuro en la práctica científica y política es re-encantar la historia y regenerar la esperanza. No se trata de fabricar nuevamente la ilusión moderna del progreso y la confianza en un futuro mejor. La modernidad era ciertamente un discurso de futuro basado en la certeza de la ciencia, la técnica y la razón. En efecto, los grandes discursos político-filosóficos de la modernidad dieron sentido al mundo a partir de una representación de futuro anclada en una racionalidad simplificadora que afirmaba la certidumbre y sostenía una concepción lineal de tiempo. Así, se construyeron los grandes conceptos límites que organizaron el discurso político del siglo XX: revolución, desarrollo, bienestar, libertad.

La idea de complejidad nos invita a un nuevo desafío. Nos propone volver a pensar lo que somos, nos provoca a pensar la historia de nuestro presente, nos incita a volver a pensar nuestro futuro, nos motiva a repensar y regenerar una forma de racionalidad que piensa constructivamente el devenir. El desafío es imaginar el futuro deseable desde una racionalidad abierta a la complejidad y la incertidumbre. Esta construcción del futuro puede ayudarnos a dar sentido al mundo y regenerar la esperanza. Éste es el desafío ético y político con el cual el *pensamiento complejo* interpela la actualidad de nuestro presente. La construcción del futuro nos confronta, inexorablemente, con *problemas complejos* que es necesario pensar y comprender para planificar y para actuar, es decir, para transformarlos. Esto implica explorar la complejidad de un problema como espacio de posibilidades, para lo cual resultan infinitamente valiosas las estrategias de modelado y simulación de las *ciencias de la complejidad*. La simulación de la complejidad es una ayuda a la intuición que permite valorar posibilidades, identificar constreñimientos y construir escenarios.

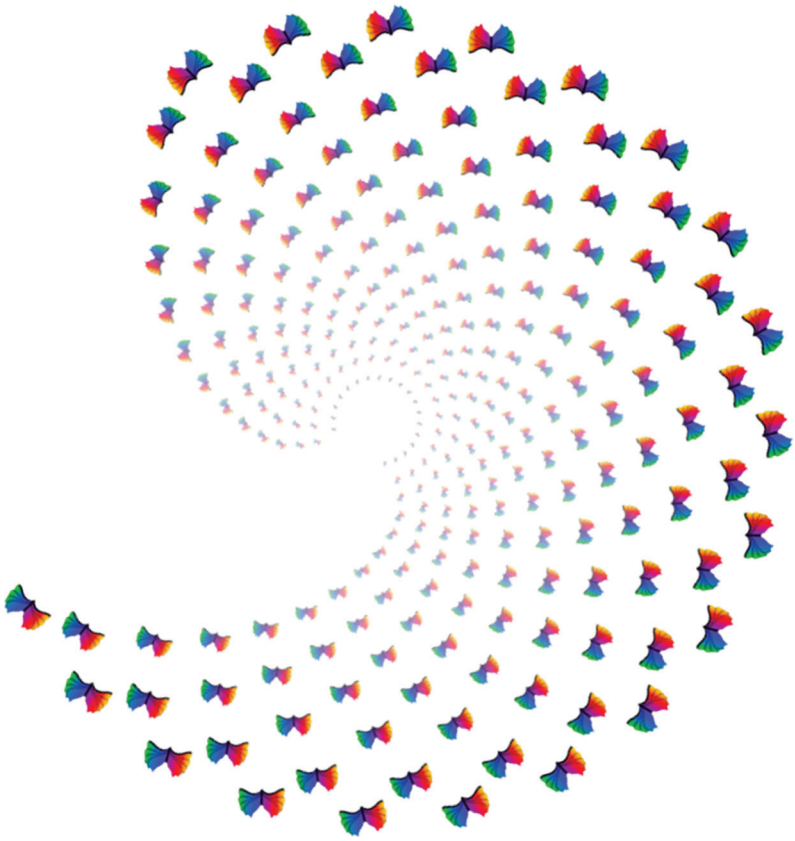
Así, el pensamiento complejo, las ciencias de la complejidad y los problemas complejos constituyen una tríada que está en el corazón de un debate epocal, teórico y práctico sobre la emergencia de nuevas formas de vida. La *complejidad de nuestro futuro* está recursivamente unida al *futuro de la complejidad* como práctica y discurso científico y filosófico. En la medida que la complejidad como *ethos* pueda pensarse a sí misma en su devenir podrá concebir su propio futuro y ayudarnos a construir nuestro futuro común. Una vez más concluyo diciendo que pasar del devenir al porvenir es convertir el futuro en esperanza, es apropiarnos creativamente de nuevos posibles. Ésta es la más decisiva apuesta vital e intelectual, epistémica y política, puesta en juego en la concepción y desarrollo de esta obra colectiva.

Leonardo G. Rodríguez Zoya

Buenos Aires, 25 de octubre de 2016

PRIMERA PARTE

Paradigmas, teorías y métodos de la complejidad



CAPÍTULO I

Hacia un paradigma de complejidad integral

La necesidad de integrar el pensamiento complejo y la ciencia de sistemas complejos

Álvaro Malaina*

Un físico es un trozo de materia que investiga la materia.
Un biólogo es un trozo de vida que investiga la vida.
Un sociólogo es un trozo de sociedad que investiga la sociedad.
Todos son espejos que el universo se pone en su centro.

Jesús Ibáñez

I took a sequence of simple programs and then systematically ran then to see how they behaved. And what I found –to my great surprise- was that despite the simplicity of their rules, the behavior of the programs was often far from simple. Indeed, even some of the very simplest programs that I looked at had behavior that was as complex as anything I had ever seen...

Stephen Wolfram

1. La "complejidad general" y la "complejidad restringida": ¿hacia una integración dialógica?

Es conocida la distinción que estableció Edgar Morin durante el coloquio de Cerisy de 2005 *Intelligence de la complexité. Epistémologie et pragmatique* (co-organizado por Edgar Morin y Jean-Louis Le Moigne) entre la "complejidad general" y la "complejidad restringida" (Le Moigne y Morin 2005).

* Doctor en Sociología por la Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales (EHESS) de París y por la Universidad Complutense de Madrid. Secretario General de la Asociación por el Pensamiento Complejo (APC). Datos de contacto. Dirección postal: Alameda Mazarredo 45, 4ºB, 48009 Bilbao, España. Tel. (+34) 647 561 944. Correo electrónico: alvaromm@pdi.ucm.es

La "complejidad general", una aproximación fundamentalmente epistemológica al fenómeno de la complejidad o dinámica emergente de sistemas no lineales, correspondería al conocido pensamiento complejo de Morin, pero también de autores como Ilya Prigogine, Heinz von Foerster, Humberto Maturana, Francisco Varela, Henri Atlan, Anthony Wilden o Jesús Ibáñez, desarrollado esencialmente entre los años 70 y 80 a partir de nuevas disciplinas como la cibernética, la teoría de sistemas, la teoría de las estructuras disipativas, la teoría de catástrofes o la teoría de la autopoiesis.

La "complejidad restringida", una aproximación fundamentalmente metodológica al fenómeno de complejidad, correspondería por su parte a la nueva "ciencia de sistemas complejos adaptativos" desarrollada por autores como Murray Gell-Mann, John Holland, Stephen Wolfram, Stuart Kauffman o Robert Axelrod a partir de la creación en 1984 del Instituto Santa Fe en Estados Unidos.

La "complejidad general" se acerca al fenómeno de complejidad desde un lenguaje natural, extrayendo sus implicaciones epistemológicas desde el punto de vista del sujeto que conoce: la complejidad sería así un "nuevo paradigma" (Morin 1977) transdisciplinar o "nueva alianza" (Prigogine, Stengers 1979) científica que daría cuenta de las propiedades de auto-organización y autonomía de los sistemas naturales desde la perspectiva de su proceso de observación, que expresaría la medida de la ignorancia de un observador que desconoce la información propia al sistema que observa (Atlan 1979), el proceso de "construcción" (von Foerster 1981) de un objeto externo inalcanzable por parte del sistema cognitivo de un sujeto, caracterizado más por su propia "clausura operacional" y "coherencia interna" (Varela 1989) que por la representación fiel de la realidad externa. Supone, tras las históricas Conferencias Macy de Cibernética, la consolidación del paso de una "cibernética de primer orden" o de sistemas observados a una "cibernética de segundo orden" o de sistemas observadores. Jesús Ibáñez habla de un "retorno del sujeto" (Ibáñez 1994), de un paso "del algoritmo al sujeto" (Ibáñez 1985) que echa por tierra los principios reduccionistas, deterministas y objetivistas de la ciencia clásica heredera de Descartes, Newton y Galileo. En profundizaciones ulteriores, autores como Morin, Ibáñez, von Foerster, Atlan, Varela, han extraído las implicaciones éticas de la complejidad, desde el momento en que el enfoque complejo supondría un "cambio de paradigma" o "cambio de visión del mundo" que modificaría la forma en que contemplamos los fenómenos no sólo científicos, sino también sociales, políticos, ecológicos, humanos y planetarios (Morin 1991, 2001, 2005).

La "complejidad restringida" se acerca en cambio al fenómeno de complejidad desde un lenguaje formal, intentando modelizar mediante nuevas técnicas computacionales, como la simulación multi-agentes (Miller y Page 2007), el conjunto de estructuras y funciones emergentes "objetivas" y "observables" en las dinámicas imprevisibles de "sistemas complejos adaptativos" (Gell-Mann 1994) físicos, biológicos y sociales. Sorprendentemente, sería como si asistiéramos de nuevo a un "retorno del objeto" o a un nuevo paso "del sujeto al algoritmo". Sin embargo los algoritmos de la complejidad restringida son radicalmente diferentes a los algoritmos de la ciencia clásica, basados en sistemas de ecuaciones lineales o diferenciales. La

propia metodología de simulación empleada en la complejidad restringida da cuenta de los límites en las capacidades de predicción y cognición del observador, las estructuras y funciones de los sistemas, superando las capacidades de cálculo humanas, emergen de forma "sorpresiva" (Wolfram 2002) o "contraintuitiva" (Axelrod 1997), y vuelven al observador más que nunca un manipulador del sistema objeto, de sus fronteras, de sus componentes, de las reglas de comportamiento de dichos componentes y en general de toda la dinámica "compleja" de su sistema estudiado, todo lo cual convierte más que nunca al sujeto en substrato de base del algoritmo y reabre la problemática epistemológica que la ciencia clásica tanto se esforzó en intentar erradicar.

Constatamos sin embargo cómo *ambas formas de aproximarse a la complejidad se encuentran a menudo separadas e ignorantes la una de la otra*, salvo muy escasas excepciones (como las experimentaciones con autómatas celulares y redes booleanas aleatorias de Varela y Atlan o las investigaciones filosóficas de Kauffman), dando lugar a dos escuelas divergentes, cada una con sus propios referentes, centros, institutos, publicaciones, conferencias y congresos. Constatamos cómo, en un determinado momento de su desarrollo, la "complejidad general" se distancia demasiado del vínculo que le une a la ciencia, y aquí debemos de recordar que dicha complejidad general o pensamiento complejo no es una filosofía sistemática que encuentre coherencia y plena justificación en su propio sistema de ideas como pueda ser la filosofía kantiana o hegeliana, sino una reflexión epistémica que surge de la ciencia misma y de sus nuevas interrogantes, de sus avances y desarrollos en el siglo XX, a través de disciplinas como la física cuántica, la cibernética, la sistémica, la teoría del caos, la teoría de las estructuras disipativas, etc. La última "ola" de la ciencia compleja es precisamente la "ciencia de sistemas complejos adaptativos" que en nuestra opinión el pensamiento complejo no ha abordado lo suficiente (por razones cronológicas, Morin e Ibáñez no pudieron abordar en su momento la última "ola" de la ciencia compleja, la ciencia de sistemas complejos, sin embargo sus muchos epígonos tampoco la han abordado, aún cuando esta nueva ciencia lleva ya varias décadas de desarrollo). Constamos igualmente cómo la ciencia de sistemas complejos ha cortado su vínculo directo con la reflexión epistemológica y parece entroncar con los modelos paradigmáticos pretéritos subyacentes a la ciencia clásica newtoniano-cartesiana, previos al giro epistemológico que habría operado precisamente la ciencia de la complejidad. Las reflexiones filosóficas que han sido abiertas en la ciencia compleja por sus propios fundadores, como Stuart Kauffman (1995, 2008), son sistemáticamente rechazadas e ignoradas por modelizadores convertidos en meros técnicos que no se cuestionan la propia substancia epistémica de su trabajo.

Así pues, por un lado los pensadores de la complejidad a menudo ignoran y olvidan que es posible y necesario de aproximarse al fenómeno de la complejidad por medio de una metodología formal científica, que puede aportar más precisión y que tal vez constituya el único camino científico posible, como sostiene por ejemplo Jean-Pierre Dupuy (Dupuy 1982). Olvidan que el pensamiento complejo tiene raíces científicas, que descansa sobre el descubrimiento *científico* de la problemática de la complejidad (ayer a través de la cibernética, la teoría de la información y la teoría de

sistemas; hoy a través de la ciencia de sistemas complejos adaptativos). Olvidan que la complejidad sirve también para avanzar en el conocimiento (científico) de lo real. Y por otro lado, los científicos de sistemas complejos que operan exclusivamente en función de modelos matemáticos y computacionales, como los autómatas celulares y los sistemas multi-agentes, sin pensamiento general de la complejidad, operan finalmente una reducción de la complejidad a una algorítmica, que en general corresponde a la algorítimica darwiniana o más bien "neo-darwiniana", donde el criterio de "adaptación" (inspirado más o menos conscientemente en autores como Richard Dawkins o Daniel Dennett) se vuelve dominante y excluyente. Conciben el universo complejo como un universo algoritmizable, que evoluciona mediante procesos de selección más o menos aleatoria, por estrategias de adaptación operadas por conjuntos de agentes en interacción, como guiado por un "relojero ciego". Creen en el fondo que la "ley" de la complejidad es alcanzable (como bien expresa Dennett, toda la evolución de los sistemas biológicos no sería más que la progresión de un algoritmo darwiniano que de la sopa primitiva conduciría a la conciencia). Ignoran así la problemática epistemológica del *observador*, último garante de sentido de dicha algorítmica evolutiva compleja y su límite epistémico substancial, subordinan el sujeto al algoritmo (aunque sea un algoritmo no determinista o probabilista), no conciben más que casos "especiales" de emergencia de complejidad a partir de procesos simples mecánicos e ignoran finalmente las implicaciones éticas de la idea de complejidad.

Podemos así observar sendos límites epistémicos en ambas complejidades.

¿Por qué entonces dadas las limitaciones de ambas complejidades, no pensar en un espacio de integración "dialógica" (por utilizar uno de los tres principios que según Morin mejor describen el pensamiento complejo, que postula la unión múltiple de dos lógicas o principios a la vez antagónicos, complementarios y concurrentes, donde la dualidad se mantiene en el seno de la unidad)?

Esta integración dialógica sería la condición necesaria para la construcción de un "paradigma de complejidad integral".

El término "paradigma" fue introducido por Thomas S. Kuhn a lo largo de los años 60 del siglo pasado. En una primera edición de su libro, paradigma son "los descubrimientos científicos universalmente reconocidos que, por un tiempo, aportan a una comunidad de investigadores problemas tipos y soluciones" (Kuhn 1971: 13). En la segunda edición "significa toda la constelación de creencias, valores, técnicas, etc., que comparten los miembros de una comunidad dada" (Kuhn 1971: 269). Kuhn complejizará su definición de paradigma en un doble sentido: paradigma son los *modelos o ejemplos que constituyen la base de resolución de los enigmas de la ciencia*; e igualmente, las determinaciones sociológicas de la comunidad de científicos, que podemos decir constituyentes de una *visión del mundo* estructurante de las prácticas científicas.

Para Kuhn, un paradigma se compone por tanto a la vez de "modelos de realizaciones científicas" y de una "visión del mundo". ¿Porqué no concebir la ciencia de sistemas complejos como los modelos de realizaciones científicas del paradigma

complejo y el pensamiento complejo como la visión del mundo del paradigma complejo?

Existen *profundos límites epistémicos en ambas complejidades, que son los que reclaman una integración de ambas complejidades en un marco paradigmático común que las transcienda a ambas*.

Vamos a exponer a continuación los límites que observamos en ambas complejidades y que reclamarán finalmente, en la salida de nuestro artículo, dicho espacio neoparadigmático de integración dialógica.

2. El bucle epistémico que reenvía de la complejidad general a la complejidad restringida y de la complejidad restringida a la complejidad general

2.1. El pensamiento complejo y su necesidad de abrirse a la ciencia de sistemas complejos

La "complejidad general" compondría una comunidad de filósofos, pensadores, científicos sociales que incorporan la visión del mundo de la complejidad en sus construcciones teóricas. El "pensamiento complejo" de Edgar Morin sería la síntesis perfecta de esta perspectiva epistémica transdisciplinar (Morin 2005a). Morin ha generado una escuela de pensamiento complejo extendida por el mundo entero y sobre todo en América Latina, México, Brasil y Argentina, entre otros países.

Según Jean-Louis Le Moigne, "El paradigma de la organización compleja (antropo-biocósmica) que E. Morin se propone dar forma, va en efecto a permitir presentar en una *unitas multiplex* las diversas concepciones de la complejidad que desarrollaban progresivamente todas las disciplinas desde la llamada de W. Weaver: la biología (H. Quastler, F. Jacob, H. Atlan) y las ciencias del comportamiento, psicología genética y teoría de la equilibración (J. Piaget), y la neuropsicología (W. MacCulloch, H. Maturana, F. Varela, que introducirán las teorías de la autopoiesis); la física cuántica y la termodinámica (I. Prigogine, M. Gell-Mann, M. Mugur-Schächter), así como la dinámica de sistemas no lineales y las teorías del caos (D. Ruelle); las nuevas ciencias de la ingeniería; cibernética (N. Wiener), teorías de la computación (A. Turing, H. von Foerster), teoría de la comunicación (C. Shannon y W. Weaver), inteligencia artificial y Ciencias de la cognición (H. A. Simon y A. Newell); y las "nuevas ciencias naturales", de la ecología a la geofisiología (P. Westbroeck) o las "nuevas ciencias de la sociedad", de la pragmática a la socioeconomía evolucionista…" (Le Moigne 1999: 207).

La Méthode extiende la complejidad de las ciencias físicas y biológicas a las ciencias sociales y la "noología", y finalmente a la ética. Son seis volúmenes: *La Méthode I. La nature de la nature* (1977) ; *La Méthode II. La vie de la vie* (1980) ; *La Méthode III. La connaissance de la connaissance* (1986) ; *La Méthode IV. Les idées*

(1991) ; *La Méthode V. L'humanité de l'humanité* (2001) y *La Méthode VI. Éthique* (2004).

Esta obra constituye para Ibáñez, ateniéndose al sentido etimológico de la palabra método, "meta-odos" (meta-camino), el "mapa de todos los mapas" (Ibáñez 1979: 362). "Todo está ahí" decía Ibáñez de la obra moriniana.

Los pensadores de la "complejidad general" comparten ciertamente una nueva visión del mundo de extraordinario alcance, un horizonte discursivo elaborado sobre la base de la problemática de la complejidad, apuntando hacia principios "holistas" de sistema, relación, enmarañamiento e inseparabilidad (operando de la física a la ética), pero generalmente no comparten los modelos formales y ejemplos de realizaciones científicas de los que habla Kuhn para definir el paradigma y que aporta la ciencia de sistemas complejos adaptativos. Es raro que los pensadores de la complejidad y la mayoría de morinianos se refieran por ejemplo al modelo del autómata celular o a modelos como los "mundos pequeños" (Watts) o los "algoritmos genéticos" (Holland), cuando constituyen precisamente modelos científicos que apuntan al cambio de paradigma, a la emergencia de un nuevo paradigma científico de complejidad, presentando fenómenos sorprendentes como la intensa conectividad de la red planetaria ("seis grados de separación") o la extrema capacidad adaptativa de los sistemas multi-agentes sin control central. No hay tampoco alusiones a posibles leyes matemáticas de lo complejo, como por ejemplo la "ley de potencia" (*power law*), constatable en numerosos sistemas complejos, del montón de arena a las fluctuaciones de la bolsa pasando por las guerras o los atascos de tráfico, y representable gráficamente vía logaritmos, lo cual supone un gran avance en la visualización de la complejidad. Hay que decir que Jesús Ibáñez, a quién algunos autores se refieren como el "Morin español" (Malaina 2008), en su compilación *Nuevo avances en la investigación social. La investigación social de segundo orden* (Ibáñez 1988), intentó incorporar metodologías y heurísticas formales surgidas de la teoría de estructuras disipativas, de la teoría de catástrofes, así como de la teoría de redes, las redes de Petri y el q-análisis. En nuestra opinión Ibáñez, que desapareció prematuramente antes de dar forma a todas estas ideas, nos mostró una senda muy sugerente de investigación en la línea con la religación pensamiento complejo/ciencia compleja que aquí reclamamos. A todos los afluentes recogidos por Morin a los que aludía Le Moigne habría que añadir aquellos que por razón cronológica Morin no pudo abordar suficientemente: la ciencia de sistemas complejos y sus múltiples ramales, como los autómatas celulares, las simulaciones multi-agentes o el análisis de redes complejas.

Hay que decir para apoyar nuestra tesis que la comunidad de pensadores complejos no reencuentra tampoco su lugar en el seno exclusivo de la filosofía, demasiado identificada con la "historia de la filosofía", precisamente porque se sitúa en un "*no man's land*" entre ciencia y filosofía (Morin 1982), proponiendo aproximaciones transdisciplinares. Así pues, constatamos que la integración en su seno de los contenidos de la ciencia compleja nos parece su derivación natural, precisamente porque el pensamiento complejo no es una filosofía más, sino una reflexión alrededor del descubrimiento científico de la cuestión de la complejidad. Esta "nueva ciencia"

invita a la reflexión filosófica, cómo apuntan trabajos de algunos de sus principales autores, como Gell-Mann, Kauffman o Wolfram.

Constatamos en el pensamiento complejo un excesivo énfasis en las vertientes *discursivas* del paradigma de complejidad en vez de en sus vertientes *científico-ejemplares*. Esto ha llevado a una concentración en las aplicaciones del pensamiento complejo en el campo de la *educación*. El pensamiento complejo se está utilizando en reformas educativas, de nuevas líneas curriculares, introduciendo modelos transdisciplinarios, o currículos centrados en temáticas típicamente complejas, como la sostenibilidad o las relaciones ecológico-humanas, sobre todo en América Latina. Se ignora sin embargo que el pensamiento complejo tiene una fuerte enraizamiento en la ciencia, no ya pasada, sino *actual*, por lo que además de estas interesantes aplicaciones, sería interesante que se incorporaran, sin perder por supuesto un espíritu crítico (como el que exhibiremos en la sección siguiente, cuando abordemos la complejidad restringida) los aportes de las nuevas ciencias de la complejidad.

Constatamos un giro temático importante en la obra de Morin, tras concluir su monumental obra *La Méthode*, que ha contribuido a este énfasis en lo educativo, sobre todo tras la publicación de *Los siete saberes para la educación del futuro* (Morin 2000), libro apadrinado por la UNESCO que ha sido un referente en muchos países latinoamericanos.

Sin ánimo de desmerecer la importantísima tarea de reforma educativa, vía muy importante de introducción del nuevo paradigma complejo y de formación de ciudadanos capaces de afrontar los retos planetarios y sistémicos, estimamos que tendría que retornarse paralelamente al espíritu original de *La Méthode*, más cercano a la ciencia. Todo esto debe ser interpretado como una crítica constructiva. Como dice Ibáñez, "sólo se puede ser fiel a un intelectual si se le es infiel", así la mejor fidelidad al pensamiento de Morin consiste en serle infiel, en abrir su sistema de ideas al "ruido" de la nueva ciencia de sistemas complejos, confrontándolo a nuevas visiones y tendencias, adaptándolo al nuevo entorno científico, fuente de neguentropía, en vez de cerrarlo en sí mismo, de convertirlo en sistema cerrado condenado así a la extinción por agotamiento de su propia reserva de oxígeno. De nuevo creemos que es un flaco favor y un signo peligroso para el propio pensamiento complejo. Sólo se es fiel a un intelectual si se le es infiel… Muchos trabajos en pensamiento complejo al rechazar los aportes de la ciencia de sistemas complejos se convierten en "sistemas cerrados" que no crean nueva in-formación.

Lo que tratamos por tanto es de complejizar la complejidad, abordar el pensamiento complejo desde un pensamiento complejo (es decir, que expone información al ruido creador de nueva información) y no desde un pensamiento simplificador (que elimine todo ruido, todo desorden en su sistema de ideas).

Vamos a poner dos ejemplos de dos pilares centrales de la magna construcción paradigmática moriniana que en nuestra opinión deberían ser actualizados en base a los aportes principales de la nueva ciencia de la complejidad: los conceptos de Agente y de Sistema Complejo que derivan de la *modelización multi-agentes* y el concepto de Red Compleja que deriva del *análisis de redes complejas*.

La introducción del concepto de Agente se vuelve por ejemplo esencial en el pensamiento complejo. Sin embargo, resulta ausente del conocido "*bucle tetralógico*" moriniano, expuesto en el primer volumen de *La Méthode*, compuesto de los términos orden/desorden/interacciones/organización, creador de complejidad, así como fuente de la evolución del universo. Ahora bien, Morin no incluye en su paradigma un quinto término que constituiría su culminación a la luz de la última ola de la ciencia compleja: los *agentes*, elemento primero en base a cuyas interacciones locales con su entorno se producen la evolución y complejización de los sistemas organizacionales. Proponemos así, frente al bucle tetralógico, un "*bucle pentalógico*": *orden/desorden/agentes/interacciones/organización*. La genial intuición moriniana del "bucle tetralógico" fue previa a la eclosión de la ciencia de sistemas complejos adaptativos y de los modelos multi-agentes, por lo que la ausencia del término Agentes se explicaría por motivos cronológicos. El hilo lógico de complejidad que vertebra los sucesivos tomos viene representado por la "diferencia directriz" (Luhmann) de la *biología*. Sin embargo, desde los trabajos de Gell-Mann o Wolfram así como la emergencia de nuevas disciplinas como la *sociofísica*, tendríamos que actualmente la ciencia de sistemas complejos y la ciencia de redes complejas está liderada en su mayor parte por físicos, siendo la *física* y en concreto la *física estadística*, la nueva "diferencia directriz", más que la biología. Esta nueva "diferencia directriz" paradigmática pone el énfasis en los movimientos micro de los agentes componentes que generan efectos macro en los sistemas.

Resulta de sumo interés una reelaboración del concepto de Sistema Complejo en el pensamiento complejo a partir de los aportes de la nueva ciencia de sistemas complejos adaptativos. Ya no sería tanto una estructura organizacional que da orden a un conjunto, como la interpreta Morin, como un esquema variable de adaptación y aprendizaje a entornos cambiantes, operado por los agentes en interacción no lineal (la noción de sistema complejo como "esquema adaptativo" deriva de Gell-Mann). Es decir, un concepto más cercano al principio de "complejidad a partir del ruido" de Atlan que a la teoría de la autopoiesis de Varela y Maturana, que tiene que ver más con un "proceso" de complejidad que con un "estado" de complejidad (que es precisamente la crítica que Atlan hacía al trabajo de Morin, a su juicio demasiado centrado en la conceptualización de la complejidad como "estado" de un sistema). El Sistema Complejo ajusta con el pensamiento darwiniano, que es precisamente uno de los grandes marcos teóricos ausentes de la vasta construcción moriniana de *La Méthode*. Debió ser un tomo que Morin mismo anunció, pero que nunca llegó a concluir e incorporar a su saga, titulado *Le devenir du devenir*.

Las reconceptualizaciones del Agente y del Sistema Complejo al hilo de la ciencia actual deberían reorientar el curso discursivo del pensamiento complejo, aunque sin caer tampoco en las simplificaciones que la nueva ciencia trae consigo y que presentaremos en lo sucesivo.

En lo que respecta a la ética compleja, que podemos considerar el "punto de llegada" de toda *La Méthode*, echamos en falta igualmente una mayor referencia al concepto de Red Compleja y en general de los aportes de la nueva ciencia de redes

(Barabasi 2003; Watts 2003) y en particular a la teoría de los "mundos pequeños" de Duncan J. Watts. La ética compleja, como el pensamiento complejo, tiene raíces científicas. Y la ciencia compleja no deja de aportarnos ejemplos en línea con dicha ética compleja, que postula una mayor religación de los seres humanos entre sí y con el planeta en su conjunto. Constatamos aquí cómo el pensamiento complejo de Morin, que incorpora conceptos tales como "sociedad-mundo" o "sociedad planetaria" (Morin 2001) como signos emergentes de esta "religación" (Morin 2005) profunda inevitable, no hace referencia a lo que constituye en nuestros días el "principio científico complejo" a la base de su teorización de la "religación" y de toda "sociedad-mundo" o "sociedad-planetaria": la *ciencia de redes complejas*. Podemos concebir la Red Compleja como la estructura topológica de los Sistemas Complejos. Un Sistema Complejo es finalmente una Red Compleja de interacciones entre Agentes. Una Red Compleja es una red que presenta propiedades topológicas no triviales, a medio camino de las redes puramente ordenadas y las redes puramente aleatorias (en ese estadio entre orden y desorden donde para Langton, la computación de información es maximizada). La mayoría de las redes biológicas, sociales, ecológicas o tecnológicas son redes complejas. El modelo de redes sociales complejas de los "*small worlds*" de Duncan Watts demuestra la extrema conectividad de dichas redes complejas y de la sociedad en que vivimos, uno de sus mejores ejemplos: apenas una corta cadena de 6 personas separa a un individuo de cualquier otro en nuestro mundo. Esta contra-intuitiva conectividad extrema de los nodos de las redes complejas sería así un soporte científico de legitimidad de una ética compleja que contemple la religación o "*reliance*" humanas fundamentales y en general el cambio de la estructura de un sistema antropo-social todavía guiado por la ilusión del atomismo y el individualismo extremos. Este sería por tanto un ejemplo paradigmático del substrato científico a reimplantar en el pensamiento y la ética complejos[1].

En resumen, consideramos que el pensamiento complejo tendría que abrirse a la ciencia de sistemas complejos y nutrirse de ella en sus horizontes discursivos. Los modelos de esta ciencia compleja no son ciertamente más que "sombras en dos dimensiones en una caverna de una realidad en tres dimensiones mucho más vasta", pero dado el número creciente de centros de investigación dedicados a los sistemas complejos, sus publicaciones, proyectos de investigación, constituye un avance en la

[1] Cito aquí un pasaje de Duncan Watts, teórico del "*small-world phenomena*" a propósito de los sorprendentes descubrimientos de su modelo inicial alpha para cartografiar el espacio de conectividad de los sistemas sociales: "The first thing the alpha model tell us is that either the World will be fragmented into many tiny clusters, like isolated caves, or it will be connected in a single giant component within which virtually anyone can be connected to anyone else. It is not possible, for example, to have two, or even a few, large components between which the World is evenly divided. This result may seem surprising because the World often appears divided along geographical, ideological, or cultural lines into a small number of large and incompatible factions –East and West, black and white, rich and poor, Jewish, Christian, and Muslim. Although these cleavages although such dichotomies may drive our perceptions, and thereby affect our actions in important ways, what the alpha model tell us is that they do not apply to the network itself. We are either all connected or not all connected –there really isn't anywhere in-between" (Watts 2003: 81-82).

comprensión de la complejidad muy importante y a tener en cuenta, a integrar en los discursos teóricos de la complejidad[2].

2.2. La ciencia de sistemas complejos y su necesidad de abrirse al pensamiento complejo

La "complejidad restringida" compone una comunidad de científicos que comparten teorías, métodos y que trabajan en base a ejemplos y modelos (desde los modelos pioneros de las máquinas de Turing y los autómatas autoreproductibles de Von Neumann, hasta los recientes modelos de algoritmos genéticos de John Holland, pasando por el "juego de la vida" de Conway o los modelos de autómatas celulares de Stephen Wolfram) que aplican a la búsqueda de resolución a nuevos problemas planteados en física, biología o sociología (Cowan, Pines y Meltzer 1994; Waldrop 1992): el paradigma que recorre toda estas prácticas es el paradigma del *autómata celular* (la matriz lógica o núcleo formal de todas sus expresiones). El autómata celular, modelo matemático ya ideado por von Neumann, es una máquina de Turing universal con capacidad de computación universal, capaz de explicar los fenómenos naturales que habían escapado a la matemática tradicional basada en ecuaciones diferenciales. Los autómatas celulares son *sistemas dinámicos discretos* modelizados por ordenador. Estos sistemas, compuestos de elementos o "células" que siguen reglas muy simples de interacción local, donde el estado futuro de cada célula viene condicionado por el estado presente de sus células vecinas, son iterados sucesivamente y hacen emerger por auto-organización macroestructuras muy complejas y no reductibles ni explicables al nivel local. Los *modelos o sistemas multi-agentes*, la metodología más utilizada en la ciencia de sistemas complejos adaptativos, que se inscribirían dentro del campo de la Inteligencia Artificial Distribuida, no serían más que una prolongación más sofisticada de los autómatas celulares, que dotan de más autonomía a los elementos del sistema, más aptos así para recrear entornos de Vida Artificial o Sociedades Artificiales (Gilbert y Troitzsch 2005).

La ciencia de sistemas complejos es un campo científico emergente que tiene cada vez más reconocimiento académico. Ver sobre ello la proliferación por todo el mundo de Institutos dedicados al estudio de los sistemas complejos como: Center for the Study of Complex Systems de la Universidad de Michigan ; New England Complex Systems Institute ; Institut de Systèmes Complexes de Paris ; Instituto de Sistemas Complejos de Valparaíso, Chile ; Bandung Fe Instituto de Indonesia ; Center for Complex Systems Research de la Universidad de Illinois ; Human Complex Systems Faculty de la Universidad de Californie Los Angeles ; Center for Social Complexity de la Universidad Georges Masson ; Center for Complex Systems and

[2] Este interés comienza a abrirse paso dentro del mundo moriniano. Es el caso por ejemplo del grupo sobre pensamiento complejo y sistemas territoriales que coordina Pascal Roggero en la Universidad de Toulouse. Tendríamos también que citar al grupo que dirige la revista de Ontario, Canada, *Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales (NPSS)*, inicialmente morniana, pero igualmente abierta a la modelización de sistemas complejos.

Brain Sciences de la Universidad Atlántica de Florida, etc. (el número aumenta cada vez más). Anualmente se celebran en el mundo congresos y conferencias dedicados a este tema, como la International Conference on Complex Systems, European Complex Systems Society Conference, Artificial Life. Internacional Conference on the Simulation and Synthesis of Living Systems, Conference on Computational Complexity, Complexity Conference, Complexity, Science and Society, etc. Hay igualmente numerosas publicaciones periódicas reconocidas científicamente: *Journal of Complexity*, *Complexity International*, *Emergence: Complexity and Organization*, *Artificial Life*, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, *Complex Systems*, etc.

Pero esta prolífica comunidad que trabaja con el paradigma/modelo del autómata celular, es en ocasiones sólo parcialmente consciente de compartir una misma cosmovisión (que podemos llamar "emergentista" y que ha sabido por ejemplo bien desarrollar el pensamiento complejo moriniano), con su inevitable componente "metafísica", derivada de su mismo modelo de autómata celular, que choca con la visión clásica reduccionista todavía imperante en ciencia (hasta este punto los científicos de sistemas complejos manifiestan conciencia con más o menos integridad), pero no es consciente de compartir una cosmovisión que se desparrama en múltiples *implicaciones filosóficas, epistemológicas y éticas* (el científico de sistemas complejos no entra ya en esta ámbito y se retrae a los cortes epistémicos del paradigma clásico). Su perspectiva es a menudo más "cientista" que "científica" (pero no siempre, como ya hemos dicho, el formidable trabajo de Stuart Kauffman es un ejemplo de excepción a esta regla, pero también un ejemplo minoritario en el seno de la ciencia de sistemas complejos). Además, a pesar de su extraordinario avance, la comunidad de científicos de sistemas complejos sigue siendo un subsistema minoritario del sistema científico en general, por lo que corre igualmente el riesgo de quedar subsumido como una rama más de la ciencia normal, sin que su matriz paradigmática defina nuevos discursos sociales que estructuren de forma diferente el sistema social general.

Así pues, nuestro proyecto de integración de la ciencia de sistemas complejos en el pensamiento complejo no está exento de la crítica a los límites epistémicos actuales de dicha ciencia, que a su vez reclaman una integración en ella del pensamiento complejo. Vamos ahora a presentar algunas de estas críticas.

La ciencia de sistemas complejos adaptativos se ajusta a una cibernética de primer orden, convirtiéndose en una ciencia de sistemas complejos adaptativos *observados* (una ciencia de sistemas complejos "de primer orden"), de la cual es expurgada la problemática epistemológica puesta en evidencia por la cibernética de segundo orden, todo el contexto de puntuación (distinción/indicación) de sistemas por los observadores/modelizadores es eliminado, perspectiva desarrollada entre otros por autores como von Foerster, Varela, Maturana, Luhmann, Ibáñez o Morin. Hay una predominancia del *algoritmo* sobre el sujeto (lo que se opone al giro epistémico operado por autores como Edgar Morin, Jesús Ibáñez o Anthony Wilden): de los algoritmos biológicos o sociales, genéticos o meméticos. Los problemas de complejidad serán prioritariamente problemas de evolución adaptativa "objetiva"

expresados por algoritmos. Ahora bien, la "significación" del algoritmo es siempre función de un sujeto. Así, la formación de estructuras complejas en el seno de un movimiento aleatorio, como es el caso por ejemplo de las autopistas en el modelo de las hormigas de Langton, no adquiere sentido más que para un sujeto observador, que recorta "cualitativa y subjetivamente" formas discontinuas espaciotemporales de un fondo continuo. El algoritmo probabilista da cuenta de la falta de información relativa a un sistema observado (lo que habría sin duda que confrontar igualmente a la tesis de Ibáñez, que se refiere al paso del algoritmo al sujeto, pero donde el algoritmo opuesto al sujeto del que habla parece a menudo un algoritmo determinista, una caja negra que transforma todo input en un mismo output, cuando los modelos multi-agentes son casi siempre no deterministas), pero elimina el principio de reflexividad del sujeto de su proceso sistemático de resolución de problemas, mientras que el observador humano reflexivo está presente en cada etapa en tanto que substrato último (substrato de sentido) de todo algoritmo. El azar del algoritmo no es absoluto, sino "relativo" al sujeto observador. El sujeto es a la vez la condición de posibilidad del algoritmo y su "límite epistémico" intrínseco. Este sujeto observador, como lo han bien puesto de manifiesto von Foerster, Varela y Maturana, es un sistema cognitivo caracterizado por una clausura operacional, que responde más a una estructura mental interna y a su propia coherencia subjetiva que a la representación objetiva y fiel de lo real externo. Ahora bien, el algoritmo busca ser siempre "objetivo" y no toma en cuenta esta presencia decisiva del sujeto (constructor/intérprete/limitante) en todo conocimiento. Se pretende una "representación" de lo real y no tanto una "construcción", incluso es ignorada la arbitrariedad intrínseca a la modelización.

La idea fundamental de von Foerster no es tomada en cuenta, según la cual la computación es siempre la computación de *una* realidad (construida por el observador/modelizador) y no de *la* realidad (de lo real en sí, siempre "imposible"). ¿Los modelos son modelos del mundo o por el contrario de nuestro espíritu proyectado sobre el mundo? ¿Acaso no estamos substituyendo el territorio por un mapa? Falta el tercer elemento para explicar lo que construye "la realidad" común, intersubjetiva. Es "la sociedad" para von Foerster y la "comunidad científica" en el caso de la ciencia. Pero esta construcción "social" de la realidad en el seno de la sociedad de científicos nos reenvía directamente a la cuestión de los "paradigmas", cuestión escamoteada por la ciencia de sistemas complejos adaptativos (al menos más allá del debate dicotómico reduccionismo/emergentismo).

Los sistemas artificiales simulados son finalmente sistemas cerrados, preconcebidos por el modelizador/programador, sistemas con fronteras fijas, recortadas sobre un fondo continuo. Los sistemas naturales, como los organismos o las sociedades, son en cambio sistemas abiertos, sin fronteras definidas. El sujeto detrás del modelo y del artificio es de nuevo expulsado. No hay principio de reflexividad, el principio dominante es el principio clásico de objetividad. Desde este punto de vista, la ciencia de sistemas complejos articula con la visión del mundo propia a la mecánica clásica, y no con la que es propia a la mecánica cuántica, que marcó el giro en ciencia hacia el pensamiento complejo.

Los sistemas complejos autónomos son en cierta forma "dueños de su propio sentido" (Dupuy 1982) a diferencia de los sistemas complejos artificiales modelizados. La complejidad sería así esta información interna y propia al sistema que el observador externo no puede captar. La ciencia compleja no puede evitar las maniobras y operaciones heteronomizantes sobre sistemas autónomos. No habría así "auténtica auto-organización" en los sistemas complejos simulados. Hay una ausencia efectiva de propiedad compleja de "creación de novedad" (Atlan 1983) en estos sistemas artificiales, propiedad que manifiesta la resistencia del sistema complejo a toda ley a priori, a todo confinamiento en un programa dado, sea evolutivo o no (la programación evolutiva no genera en ningún caso novedad evolutiva real). Esta propiedad de creación de novedad es la expresión de la "creatividad del universo" (Kauffman 1995, 2008) no algoritmizable. En los modelos multi-agentes no habría creatividad "real". La creatividad está aún menos presente en las Sociedades Artificiales, donde la propiedad de lo imaginario de Castoriadis, la propiedad antropo-social de creación *ex nihilo*, está por supuesto ausente. No hay tampoco azar "real" en el modelo (los Generadores de Números Aleatorios son mecanismos preconcebidos de producción de azar en el modelo, de nuevo un azar que es contenido "a priori" en el programa inicial, mientras que el azar en la naturaleza es siempre un evento observable "a posteriori", sin ley o mecanismo que lo preceda). Toda "emergencia" (igual que la auto-organización, el azar y la creación) está en cierta forma ya incluida en la programación inicial del modelo, sin reglas fijadas a priori.

La ciencia compleja confunde a menudo "complejidad" (no algoritmizable, irreductible) con "complicación" (algoritmizable, reductible). Los sistemas vivientes y sociales simulados se asemejarían por tanto más a sistemas complicados, construibles por el hombre, cuya estructura es finalmente cognoscible, y descriptible por una máquina de Turing (incluso si el tiempo de cálculo enorme hace que el sistema parezca "complejo" para el observador). Ahora bien, los sistemas vivientes y sociales reales son sistemas complejos, es decir, sistemas cuyo conocimiento global por el observador es inseparable de una ignorancia fundamental profunda de una información que no poseemos (recordemos la idea de Atlan de complejidad como "noción negativa" que expresa que no conocemos o que no comprendemos un sistema, lo que no se aplicaría a todos los sistemas simulados en ciencia de sistemas complejos adaptativos, cuya algoritmización descansa sobre un fondo común que admite la posibilidad de conocimiento de la estructura de dichos sistemas, la "solución" de un "problema"), de acuerdo con la creatividad permanente de dichos sistemas.

Los modelos de la ciencia de sistemas complejos deben ser idealmente los más simples posibles, como pone de manifiesto el principio *kiss*, "*keep it simple, stupid*" de Axelrod (Axelrod 1997). Lo complejo busca ser explicado por lo simple. La metodología de la ciencia compleja no puede evitar una cierta reducción simplificadora y una contradicción entre una complejidad irreductible manifestada en las escalas superiores y la búsqueda de su matriz simple de base. Su búsqueda de la "emergencia" de lo complejo a partir de lo simple, no puede evitar un cierto reduccionismo de su propia complejidad, que se vuelve aún más evidente cuando se trata de la complejidad

propiamente social. Se considera exclusivamente que lo "complejo emerge de lo simple", que hay una emergencia en los sistemas complejos de estructuras y funciones globales adaptativas a partir de la iteración (irreflexiva, mecánica) de reglas simples locales de interacción. Ahora bien, lo que puede ser tal vez admitido en los niveles físico y biológico, se vuelve más bien "reductor" en el nivel antropo-social, donde podemos decir tanto que "lo complejo emerge de lo complejo" como que "lo complejo emerge de lo simple", donde los Agentes no son sólo mecanismos (o máquinas triviales) sino Sujetos autor-reflexivos (máquinas no triviales). Una revolución es una emergencia de complejidad formidable a través de la conciencia no trivial y fuertemente compleja de los sujetos que componen el sistema: es la capacidad de los elementos del sistema de cambiar reflexivamente la estructura del sistema (Wilden 1972). Lo que no impide en todo caso que en el seno de una sociedad podamos observar igualmente fenómenos de emergencia de lo complejo a partir de lo simple como en el clásico modelo de la segregación de Schelling, el "Beach Problem" de Miller y Page o la auto-organización de ciudades o flujos de vehículos.

A la hora de captar la complejidad, encontramos límites ontológicos muy importantes: la materia es separada de la lógica organizacional, por ejemplo en la Vida Artificial, cuando no está claro que una plena comprensión ontológica del sistema viviente pueda ser alcanzada mediante dicha separación. El organismo es transformado en mecanismo. La misma problemática se plantea en las Sociedades Artificiales, donde la lógica organizacional es en este caso separada de la conciencia y del sentido que caracterizan a los sistemas sociales en provecho igualmente de mecanismos.

La ciencia de sistemas complejos plantea en suma una epistemología no determinista de fondo y choca constantemente con la problemática de la difícil predicción de la dinámica de los sistemas complejos simulados, pero no explora las implicaciones de esta nueva epistemología, substituye un determinismo radical por un determinismo en términos de probabilidad que está lleno de significación filosófica, desdeñado a favor de la enunciación de nuevas "leyes" de la complejidad, y no afronta por tanto el ideal último de la complejidad, implícito a sus modelos de probabilidades, y definido como lo que escapa a nuestro conocimiento, esto bien expresado por Morin y Atlan, entre otros.

Los sistemas complejos modelizados no representan más que cortes y discretizaciones de un continuum de complejidad arborescente. Se trata de producir mapas específicos para « micro-territorios ». Ahora bien, estos mapas son a menudo identificados con el territorio global, que él no puede ser comprendido más que a partir de un pensamiento complejo generalizado.

La modelización/simulación de sistemas complejos puede ser así metaforizada en general en tanto que "sombra bidimensional" de una "realidad tridimensional", como reflejo de lo real en la "caverna de Platón", que transforma en cierta forma la complejidad en complicación.

Dicho esto, ya expuestos los límites a la ciencia de sistemas complejos, habría siempre que añadir:

Existe la *posibilidad* de ensanchar estos límites a medida que la ciencia de la computación avance y progrese (¿incluso aunque existan límites técnicos intrínsecos a todo programa de Inteligencia Artificial, como sostiene por ejemplo Roger Penrose?). Pero sobre todo a medida que integre el pensamiento de la complejidad en su trabajo.

A pesar de las críticas y los límites expuestos, consideramos que los pensadores complejos deben conocer y avanzar en la ciencia de sistemas complejos adaptativos en tanto que vía de aproximación explicativa a las partes objetivables, computables y modelizables del fenómeno de complejidad, sobre todo debido a las *potencialidades intrínsecas* de la ciencia de sistemas complejos adaptativos: a saber, que aporta un método lógico y racional para explorar dinámicas *no lineales*, a partir de un principio *emergentista no reduccionista*, constituyendo una *tercera vía* más abierta de hacer ciencia como dice Axelrod, entre la deducción y la inducción (aproximándose a la "transducción" formulada por Simondon), un método él mismo dinámico, en movimiento, con *progresos técnicos* permanentes. Dicho lo cual, los límites y críticas expuestos muestran que la ciencia de sistemas complejos es un proyecto aún en curso, que todavía tiene mucho camino que recorrer, en lo que respecta al grado de sofisticación y adecuación de sus técnicas computacionales para captar en su plenitud la complejidad y sobre todo en la superación del paradigma de simplificación que aún constriñe sus trabajos, convirtiéndolos en modelos cerrados que dejan escapar buena parte de la complejidad sistémica, especialmente la que tiene que ver con el sujeto observador. Lo cual vuelve necesaria la integración de la ciencia de sistemas complejos en el horizonte visionario más vasto del pensamiento complejo, del cual debiera nutrirse de la misma forma que éste debiera por su parte nutrirse de aquella, constituyendo así ambos un *bucle epistémico* que reenvíe sin cesar del pensamiento complejo a la ciencia compleja[3].

3. "Caminante no hay camino, se hace camino al andar": hacia la construcción de un paradigma de complejidad integral

En Junio de 2009 tuve la ocasión de tomar parte en la organización de un Simposio en el que se buscó dar un paso en dirección a lo que se propone en este artículo: la integración de las dos complejidades en un paradigma de complejidad integral.

Gracias al Centro Edgar Morin de la *Ecole des Hautes Études en Sciences Sociales* (EHESS) de París, la *Fondation des Sciences de l'Homme* y un grupo de heterodoxos académicos del *University College* de Londres, logramos poner en marcha

[3] Mi propia experiencia en centros de sistemas complejos de diversas Universidades estadounidenses, como el Center for the Study of Complex de la Universidad de Michigan o el Human Complex Systems Faculty de UCLA, me indica que hay un interés latente entre los modelizadores de sistemas complejos por las cuestiones propias al pensamiento complejo. Aunque generalmente dicho interés es anulado por los encorsetamientos "cientistas" imperantes, en ocasiones se libera y aflora de forma bien evidente.

lo que denominamos *I Symposium on Complex Systems Modelling and Complexity Thinking*. El acto tuvo lugar el 15 de Junio de 2009 en la *Maison Suger* de París.

Queríamos conmemorar el 25 Aniversario del pionero Simposio de la Universidad de Naciones Unidas (UNU) que tuvo lugar en Montpellier (Francia) en 1984 sobre el tema "Science and Praxis of Complexity" y que reunió un espectacular elenco de personalidades, entre las cuales se encontraban Prigogine, Boulding, Pribram, Luhmann, Atlan, Dupuy, Morin, Le Moigne o Costa de Beauregard, entre otros. Un evento histórico que coincidió precisamente con la creación, ese mismo año, del Instituto Santa Fe, y así de la nueva "ciencia de sistemas complejos adaptativos".

Entre los intervinientes al Simposio, figuraban Edgar Morin, Jean-Louis Le Moigne, Denis Noble, Nigel Gilbert, Sylvia Nagl, Robert Biel y Basarab Nicolescu. Poníamos así frente a frente, en una misma mesa, a representantes de la "complejidad general" y de la "complejidad restringida".

El programa del coloquio decía así:

> El objetivo principal de este diálogo es contribuir al lanzamiento de un foro de discusión y de una plataforma de investigación, combinando idealmente aproximaciones científicas y filosóficas, a fin de cernir todas las implicaciones del campo de la complejidad. La brecha actual, la fisura que separa las dos visiones de la complejidad apela a una tentativa de acercamiento, de unión, puede que de síntesis, atravesando las fronteras disciplinarias, haciendo dialogar la filosofía y la ciencia, las concepciones "generalizadas" y "restringidas" de la complejidad.
>
> La empresa es difícil, dado el antagonismo fundamental, subrayado por Edgar Morin, entre las dos aproximaciones. Dada la ignorancia mutua que las caracteriza actualmente, nuestra propuesta consiste en poner el acento sobre los puentes y lazos que podríamos tender entre ellas. Nos volcaremos por otra parte en detectar los signos de una posible y próxima confluencia: los modelizadores parecen manifestar cada vez más interés respecto a los aspectos epistemológicos del pensamiento complejo; y al mismo tiempo, algunos "pensadores complejos" parecen comenzar a manifestar la necesidad de herramientas metodológicas empíricas. Antecedentes notables de una tal confluencia pueden ser encontrados en las simulaciones de redes de autómatas probabilistas de Atlan, en el modelo de la autopoiesis de Varela y Maturana, o en la peculiar agregación de filosofía y ciencia realizada por Denis Noble y Steven Rose.
>
> Nuestro objetivo final es por consiguiente el de sugerir la posible unión entre el pensamiento complejo, en su sentido filosófico y epistemológico, y este "nuevo tipo de ciencia" (como la denomina

Stephen Wolfram) de la modelización de sistemas complejos adaptativos.

He querido concluir este artículo con un ejemplo de la posibilidad de trabajar en el sentido de la construcción de un paradigma de complejidad que integre las dos complejidades. ¿Tal vez sólo entonces, cuando se logre, podremos comenzar a vislumbrar un nuevo horizonte esperanzador como el expuesto por Morin en tantas obras, desde *La Méthode V. L'humanité de l'humanité*, *La Méthode VI. Éthique*, hasta *Terre Patrie o Les sept savoirs*, un nuevo horizonte para el planeta en general y para América Latina en particular, donde las ideas morinianas han tenido siempre tanta raigambre? Es así como comprendemos que el horizonte de construcción del paradigma de complejidad integral acaso sea el mismo que el horizonte utópico de la ética compleja, pues sólo entonces la complejidad alcanzará su plena realización volviéndose un nuevo paradigma estructurante de la ciencia y de la sociedad en su conjunto.

Querría así cerrar mi contribución a la obra colectiva *La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina* con los famosos versos de Machado, tan queridos por Morin, adoptados como su propio lema, "*caminante, no hay camino, se hace camino al andar…*". En este artículo he buscado plantear un "pro-yecto", el horizonte proyectivo de un paradigma de complejidad integral hacia el cual caminar, el cual construir en nuestro caminar, un paradigma de complejidad integral que pasaría por la necesaria integración del pensamiento complejo y la ciencia de sistemas complejos. Este texto ha sido pues una invitación a sumarse a la construcción de dicho paradigma de complejidad integral.

Bibliografía

Atlan, Henri. 1983. L'émergence du nouveau et du sens. En *L'auto-organisation. De la physique au politique*, editado por Paul Dumouchel y Jean-Pierre Dupuy. París : Seuil. Pag : 115-130.

Atlan, Henri. 1979. *Entre le cristal et la fumée*. París : Seuil.

Axelrod, Robert. 1997. *The Complexity of Cooperation*. Princeton: Princeton University Press.

Barabasi, Albert-Laszlo. 2003. *Linked: How Everything is Connected to Everything Else and What it Means*. Nueva York: Plume Books.

Cowan, Georges A., Pines D. y Meltzer, D. 1994. *Complexity: Metaphors, Models and Reality*. MA: Addison Wesley.

Dawkins, Richard. 1976. *The Selfish Gene*. Oxford : Oxford University Press.

Dennett, Daniel. 1995. *Darwin's Dangerous Idea*. Londres : Penguin.

Dupuy, Jean-Pierre. 1982. *Ordres et désordres. Enquête sur un nouveau paradigme*. París : Seuil.

Foerster, Heinz von. 1981. *Observing Systems*. Seaside, CA: Intersystems Publications.

Gell-Mann, Murray. 1994. *The Quark and the Jaguar. Adventures in the Simple and the Complex*. New York: W. H. Freeman and Co.

Gilbert, N. y Troitzsch, K. G. 2005. *Social Simulation for Social Scientist*. Open University : McGraw Hill.

Ibáñez, Jesús. 1994. *El regreso del sujeto. La investigación social de segundo orden*. Madrid: siglo XXI.

Ibáñez, Jesús. 1988. *Nuevos avances en la investigación social. La investigación social de segundo orden*. Barcelona: Proyecto A Ediciones.

Ibáñez, Jesús. 1985. *Del algoritmo al sujeto. Perspectivas de la investigación social*. Madrid: siglo XXI.

Ibáñez, Jesús. 1979. *Más allá de la sociología. El grupo de discusión: técnica y crítica*. Madrid: siglo XXI.

Kauffman, Stuart. 2008. *Reinventing the Sacred : A New View of Science, Reason, and Religion*. Nueva York: Basic Books.

Kauffman, Stuart. 1995. *At Home in the Universe. The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*. Nueva York: Oxford University Press.

Kuhn, Thomas S. 1971. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE.

Le Moigne, Jean-Louis y Morin, Edgar. 2007. *Intelligence de la complexité. Épistémologie et pragmatique*. París : Éditions de l'Aube.

Le Moigne, Jean-Louis. 1999. Complexité. En *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*, editado por Dominique Lecourt. París : PUF. Pag : 205-215.

Malaina, Alvaro. 2008. « Edgar Morin et Jesús Ibáñez : sociologie et théories de la complexité ». En *Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales* 3 (nº2) : 9-39.

Miller, John H. y Page, Scott E. 2007. *Complex Adaptive Systems*. Princeton: Princeton University Press.

Morin, Edgar. 2005a. *Introduction à la pensée complexe*. París : Seuil.

Morin, Edgar. 2005b. *La Méthode IV. Éthique.* París : Seuil.

Morin, Edgar. 2001. *La Méthode V. L'humanité de l'humanité*. París : Seuil.

Morin, Edgar. 2000. *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur*. París : Seuil.

Morin, Edgar y Kern, Anne-Brigitte. 1993. *Terre-Patrie*. París : Seuil.

Morin, Edgar. 1991. *La Méthode IV. Les idées.* París : Seuil.

Morin, Edgar. 1982. *Science avec conscience*. París : Fayard.

Morin, Edgar. 1977. *La Méthode. La nature de la nature*. París : Seuil.

Prigogine, Ilya y Stengers, Isabelle. 1979. *La nouvelle alliance. Métamorphose de la science*. Paris : Gallimard.

Varela, Francisco. 1989. *Autonomie et connaissance*. París: Seuil.

Waldrop, M. Mitchell. 1992. *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. Nueva York: Simon and Schuster.

Watts, Duncan J. 2003. *Six Degrees : the Science of a Connected Age*. New York: Norton.

Wilden, Anthony. 1972. *System and Structure. Essays on Communication and Exchange*. Londres: Tavistock.

Wolfram, Stephen. 2002. *A New Kind of Science*. Wolfram, cop.

CAPÍTULO II

El conocimiento complejo

Método-estrategia y principios

Enrique Luengo González*

1. Introducción

El presente escrito parte de una serie de supuestos en relación a lo que constituye la complejidad de lo real, para posteriormente proponer un conjunto de principios generativos que posibiliten generar el pensamiento complejo. La pregunta central del ensayo es, por tanto, la siguiente: ¿Cuáles son los principios generativos sobre los que se sustenta este método-estrategia?

Con la intención de iniciar a responder esta pregunta, en la primera parte de este del escrito, partimos de la idea de que en la aventura del conocer hay múltiples caminos. El elegir el derrotero por el que uno pretende avanzar, implica estar consciente de las andaduras que limitan, simplifican u obstaculizan el proceso del conocimiento, así como también de los caminos que facilitan y favorecen el adentrarse a la complejidad de la realidad.

A partir de lo anterior, describimos un conjunto de principios generativos para posibilitar el camino del conocimiento complejo. Estos principios tienen retornos para interrogarse y regenerarse, es decir, son principios de un método que se hace durante el camino de búsqueda. Edgar Morin, a lo largo de su abundante obra, señala algunos de estos principios que intentamos describir.

Sobre la base de un método-estrategia así entendido, es que podemos pensar en algunas sugerencias e interrogantes para abordar temáticas relacionadas con los procesos de investigación empírica, tales como: la problematización del objeto, la

* Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad Iberoamericana Ciudad de México. Miembro del Centro de Investigación y Formación Social, ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara. Datos de contacto. Dirección postal: ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara, Periférico Sur Manuel Gómez Morín 8585 Tlaquepaque, Jalisco, México. CP 45604. Tel. +52 (33) 3669 3434 extensión 3110. Correo electrónico: luengo@iteso.mx

conceptualización compleja, la observación de la realidad, los medios de investigación, y la contrastación o verificación relativa. Temas que por su amplitud quedan pendientes en este escrito.

2. La complejidad de lo real

2.1. ¿Es real la realidad?

Lo que llamamos realidad o mundo fenoménico del que formamos parte los seres humanos está, a la vez, fuera y en el interior de cada uno de nosotros.

Afirmamos que la realidad está afuera de nosotros porque ella está presente independientemente de nuestra existencia. De esta manera, aceptamos que la realidad cósmica y terrícola ha existido por millones de años antes de la aparición de los primeros homínidos, y así entendemos de igual manera cómo esa misma realidad podrá seguir existiendo en una hipotética desaparición de los humanos sobre el planeta (Morin 1998: 232).

Pero no sólo la realidad está fuera de nosotros, sino que también aceptamos el hecho de que la realidad está dentro de nosotros, pues la realidad pasa por nuestros sentidos y es procesada por nuestra mente-cerebro. John Briggs y F. Peat, escriben al respecto:

> Seducidos por nuestras simples abstracciones, rápidamente nos acostumbramos a ver el mundo a través de categorías que nos vuelven ciegos a las sutilezas y a la riqueza de las pequeñas cosas que nos deparan la individualidad de cada encuentro y la novedad de cada día. Pero lo contrario también es verdad. Podemos dejarnos dominar tanto por los detalles y la complejidad que no seamos capaces de abstraer el significado subyacente en una situación. En ambos casos, deberíamos preguntarnos si la aparente complejidad o simplicidad es inherente a un tema concreto con el que nos enfrentamos o si principalmente es algo que nosotros estamos proyectando en la situación (Briggs, Peat: 1999: 123).

Es decir, el observador construye lo observado, construye su realidad -tal como lo afirman las diversas versiones constructivistas-, mediante proceso de conocimiento en el que intervienen tanto los constreñimientos biocerebrales como los socioculturales. La realidad así construida tiene múltiples posibilidades pues todo lo posible puede ser real, "no hay concepto que lo agote ni definición que lo cierre. Nos excede" (Gutiérrez 2005: 13).

De la construcción de la realidad que hace todo sujeto se desprende la peligrosa tentación de engañarse a sí mismo y de creer que sólo existe una realidad (mi realidad) de entre las diversas versiones posibles que perciben los diferentes observadores de un mismo fenómeno o acontecimiento. Y aún más peligroso es creer que la propia visión

de la realidad es la realidad misma, y que, por tanto, se tiene la obligación de explicar y organizar el mundo de acuerdo con ella (Watzlawick 2001: 9).

Entre la realidad de fuera y la realidad interna, entre "la existencia de la realidad objetiva" y "la ontología del observador", como les denomina el biólogo chileno Humberto Maturana, se localiza la realidad humana. (Maturana 1996). Además, entrelazando la realidad objetiva y la realidad construida, los seres humanos somos partícipes de la realidad que nos crea.

2.2. ¿La realidad es simple o compleja?

La "existencia de la realidad objetiva" está entrelazada; es un amasijo de componentes interrelacionados. Basta con dar una mirada a la historia de la evolución, desde la creación del universo hasta nuestros días, o bien, analizar algún nicho ecológico para darnos cuenta de los diferentes niveles de organización sistémica que existen entre los fenómenos de la realidad. Este mismo entrelazamiento podemos observarlo a escala personal en nuestras propias biografías y en la manera como reunimos las complejidades de nuestro cotidiano vivir en relatos sobre lo que nos ha acontecido, o bien en la dinámica macrosocial como interactúan la economía, la política, la cultura y el medio ambiente, en un mundo globalizado. En síntesis, la realidad es entrelazamiento y devenir.

Los procesos de complejidad están presentes desde el mundo microfísico hasta la organización de todo el universo: en el nivel molecular, celular, en el social, en el cultural. En el conjunto de cada uno de estos procesos está presente el desorden y el error generador, la "negantropía" y la contingencia, en dos palabras: el *ruido organizador*.

En su grandiosa obra, *El proceso de civilización*, de Norbert Elías, encontramos un ejemplo que nos puede ser de utilidad, sobre todo si lo que escribe lo reflexionamos en nosotros mismos.

> La forma en que hoy acostumbra a hablarse de los impulsos o de las manifestaciones emotivas, sugiere, a veces, la idea de que albergamos un conjunto de instintos diferenciados. Hablamos, por ejemplo, de un "instinto de la muerte", o de un afán de "notoriedad", como podemos hablar de las diversas sustancias químicas. Por supuesto que las observaciones que se hagan sobre las distintas manifestaciones instintivas por separado pueden ser muy fructíferas y concluyentes en determinadas circunstancias. No obstante, en los conceptos que han de plasmarse tales observaciones, habrán de ser impotentes frente al objeto vivo de las mismas, cuando no consigan expresar de modo satisfactorio la unidad y la totalidad de la vida instintiva, así como la pertenencia de cada dirección instintiva a dicha totalidad. En consecuencia, tampoco la agresividad…constituye una especie separable del conjunto de la vida instintiva. En el mejor de los casos, podemos

> hablar del instinto de agresión, siempre que seamos conscientes de que, al hacerlo, se trata de una cierta función instintiva del conjunto del organismo, y de que los cambios en esta función muestran, en realidad, los cambios del conjunto (Elías 1994: 230).

Sin embargo, no podemos negar que el conocimiento simplificado es una forma necesaria y útil de conocimiento. De hecho, hay una tendencia al conocimiento dicotómico o binario, no sólo en los seres humanos, sino posiblemente en todos los seres vivos, como una primera forma de conocimiento: cerrar o abrirse, negar o acepar, percibir como bueno o malo, etc. Posteriormente, este conocimiento binario puede ir asumiendo alternativas varias, precisando y distinguiendo matices, y, en fin, se puede ir problematizando, contextualizando y complejizando.

En resumen, la simplificación es una concepción que se ubica en un polo o extremo del conocimiento; en ese sentido, representa un radicalismo que provoca un nuevo pensamiento para superar ese límite. Por ello, la simplicidad tiene, desde la perspectiva de la complejidad, una connotación positiva. "La simplificación es necesaria, pero debe ser relativizada –nos dice Morin-; "acepto la reducción, consciente de que es reducción, y no la reducción arrogante que cree poseer la verdad simple, por detrás de la aparente multiplicidad y complejidad de las cosas" (Morin 1990: 143-4).

El riesgo no está en la simplificación, sino en el hecho de quedarse con ella como fin, como si en eso consistiera el propósito final del conocimiento. De ser así, nos advierte el siempre sorprendente Goethe, caeríamos en una ilusión, pues, como él afirma: "toda separación significativa genera un átomo de demencia." Al comentar esta afirmación, Sándor Marai, brillante literato húngaro, escribe que cuando la separación se lleva a cabo, el "átomo de demencia" no aparece enseguida en la conciencia, sino que sólo nos damos cuenta más tarde de que ha ocurrido algo fatal e irremediable (Marai 2006: 54).

Por ello, afirmó Gastón Bachelard, ese gran epistemólogo francés: "Lo simple no existe, sólo existe lo simplificado", y lo simplificamos porque no somos capaces de comprender lo que ocurre en la realidad –lo que es patente en los intentos por comprender los fenómenos sociales o políticos, o bien, para no ir tan lejos, a nosotros mismos-. Las ciencias, en gran parte, han venido construyendo, de esta manera, sus objetos, sacándolos de su contexto, analizándolos unidimensionalmente, parcializándolos e incomunicando los diversos saberes que se construyen en torno a ellos.

Ahora bien, la realidad construida por el observador, "la ontología del observador", al decir de Maturana, es simplificada común y particularmente, pero no sólo en la cultura occidental. Edgar Morin insiste, en muchos de sus escritos, que uno de los grandes problemas planetarios actuales se deriva de esta disyunción o separación analítica de la realidad. Razones e implicaciones físicas, biológicas, psíquicas y antroposociales se combinan para derivar en un conocimiento simplificado o fragmentario, (Morin 1992, 1988) como los destrozos y desórdenes, algunos de ellos

posiblemente irreparables, que la ciencia y la técnica de los humanos ha provocado en la naturaleza.

Esta tendencia a la simplificación, entre otras cosas, hace que Morin recomiende, como uno de los primeros saberes necesarios para la educación del futuro, el estar alerta ante las cegueras del conocimiento, pues lo propio del error y la ilusión es el no manifestarse como tal. En este sentido, podemos entender la sentencia de Wittgestein: "No hay nada más difícil que no engañarse a sí mismo".

2.3. ¿Qué es la realidad compleja?

Tan compleja es la realidad y su historia, que solemos fragmentarla y simplificarla para conocerla, olvidando el procedimiento de separación que nos ha conducido a su conocimiento y, lo que es más grave, omitiendo el intentar volver a poner las partes en conjunto. Así, un observador, escribe José Luis Borges:

> Podría redactar un número indefinido, y casi infinito, de biografías de un hombre, que destacara hechos independientes y de las que tendríamos que leer muchas, antes de comprender que el protagonista es el mismo. Simplifiquemos desaforadamente una vida: imaginemos que la integran trece mil hechos. Una de las hipotéticas biografías registraría la serie 11, 22, 33…; otra, la serie 3, 12, 21, 30, 39…No es inconcebible una historia de los sueños de un hombre; otra, de los órganos de su cuerpo; otra, de las falacias cometidas por él; otra, de todos los momentos en que se imaginó las pirámides; otra, de su comercio con la noche, con las auroras (Borges 1998: 201-2).

Italo Calvino (1992: 203), para citar a otro literato del siglo XX, afirma que la realidad del mundo se presenta a nuestros ojos de manera múltiple, espinosa, en estratos aparentemente superpuestos pero interconectados, como una alcachofa. Podemos deshojar la realidad, nos dice, como una alcachofa infinita, descubriendo dimensiones de lectura siempre nuevas, pero sin olvidar que sus hojas forman parte de un ser vivo llamado alcachofa.

La complejidad no es sólo el reconocimiento de las distintas interrelaciones de la realidad; es también -y aquí está la segunda respuesta-, una nueva manera de entender la organización de todos los seres vivos en el seno de la naturaleza. La organización es la que recupera el mundo empírico de la realidad, con sus incertidumbres, contradicciones, con lo múltiple y lo evolutivo. Implica el reconocimiento del papel del desorden, del orden y la organización que se desencadenan permanentemente en todos los procesos activos de la realidad (Gavilán 2001: 98) y que permiten el surgimiento de la auto-eco-organización.

Una tercera respuesta es afirmar que la complejidad es un desafío, no una respuesta. Es una posibilidad de pensar y conocer trascendiendo lo que aparentemente se nos presenta como lo enredado, incierto, desordenado, ambiguo y contradictorio, y

se nos presenta así dado que el conocimiento complejo participa de la incertidumbre y de la apertura al futuro de todo lo vivo.

2.4. ¿Cómo podemos conocer la realidad compleja?

El método científico clásico fue concebido en sus orígenes, a partir del conocimiento racional de los griegos, para disipar la aparente complejidad de los fenómenos, con el propósito de descubrir el orden simple de los principios y las leyes que los rigen. Así, el paradigma de la simplificación inició su recorrido por la historia de la ciencia y sus aplicaciones tecnológicas, revelando una extraordinaria fecundidad en el conocimiento de la realidad y generando una gran diversidad de productos para el beneficio humano.

El modelo científico clásico tomó al pie de la letra el segundo "precepto" establecido por Descartes en su *Discurso de método* (1637): "dividir cada una de las dificultades" en el proceso de conocer, a fin de examinar cada dificultad "en tanto parcelas como sea posible y que se requiera para resolverlas mejor." El método, por tanto, consistiría en enfatizar el análisis, la separación de lo que viene junto, la reducción del conjunto, la simplificación de lo complejo.

Sin embargo, como advierte Edgar Morin, los intentos de simplificación de la complejidad, si bien pueden producir elucidación, también puede resultar en ceguera, al no reconocer que la complejidad aparece donde la simplicidad falla, cuando sólo intenta poner orden, claridad, distinción, precisión al conocimiento. (Morin 1990: 21-3) Ello tuvo como consecuencia que los mismos progresos científicos y tecnológicos estén provocando crecientes problemas y amenazas que han llegado a poner en riesgo la supervivencia misma de la especie humana y aun de todo lo vivo.

Ante los crecientes cuestionamientos y problemas que se fueron acumulando dentro de la concepción del método científico clásico, fueron apareciendo diversas aportaciones de científicos de diversas disciplinas así como de epistemólogos, filósofos e historiadores de la ciencia, que ofrecieron elementos para observar y analizar de mejor manera la realidad, no disgregándola y aislándola, sino problematizándola y complejizándola.

De esta manera, siguiendo a Morin (1982: 342-6), podemos reconocer diversos rasgos que pueden ayudar a acercarse al conocimiento de una realidad compleja:

- La necesidad de asociar el objeto a su entorno.
- La necesidad de unir el objeto a su observador.
- El concebir al objeto como organización (viviente, social), como actividad productora (lo que implica reconocer el movimiento del objeto y de su observador).
- El no centrar el fundamento del conocimiento en la búsqueda de los elementos simples, sino en lo compuesto (lo que supone articular las diversas contribuciones de disciplinas y saberes).

- El afrontar las contradicciones e incertidumbres ocultas en el conocimiento (y, en consecuencia, aceptar la necesaria apertura de todo conocimiento).
- El aceptar el conocimiento como un conocimiento provisional y relativo.
- El reconocer otro tipo de conocimientos no científicos que intervienen en el conocimiento de lo real (pues el conocimiento científico no puede encerrar a todo el universo en su caja; lo real es enorme, por lo que éste tiene que dialogar con lo inconcebible y lo indecible).

La complejidad supone un nuevo proceder del pensamiento y el conocimiento, un nuevo saber y actuar sobre nuestra realidad natural y humana. El método para el abordaje de la realidad compleja no puede ser una receta o un decálogo, sino que tiene que ser, y sólo puede ser, una serie de principios generativos y de sugerencias para adentrarse en la búsqueda del conocimiento. Principios y sugerencias que siempre deberán de reflexionarse y reformularse, pues en la visión paradigmática de la complejidad, no hay un fundamento fijo, eterno y absoluto para producir el conocimiento científico. De esta manera, no está por demás reconocer con sinceridad los constreñimientos, los errores y las ilusiones de lo que en este escrito planteamos.

2.5. ¿Qué aporta el conocimiento complejo?

A partir de lo anteriormente expuesto podemos entender que el conocimiento complejo tenga la posibilidad de completar o hacer avanzar a la ciencia monodisciplinar, "ciencia salvaje de principio", y, a través de los años por venir, se podrá ver otro lado de la realidad, con lo que podremos comprender, y lamentar a la vez, el haber avanzado durante siglos caminando con una sola pierna y con un solo ojo, en rutas asignadas para cada disciplina particular, donde cada uno intenta avanzar con sus propios métodos exclusivos, sus técnicas de investigación alineadas a sus profesiones, sus particulares usos y costumbres gremiales u oficios intelectuales.

En este sentido, escribe el filósofo español Juan Gavilán, en un pequeño y hermoso libro sobre los límites de la razón:

> Evidentemente, la ciencia nos puede dar una serie de lecciones apabullantes en cuanto a la *complejidad de la realidad*. Se convierte en una necesidad absoluta la *revisión desgarradora* de nuestra concepción del mundo, de nosotros mismos y de nuestras relaciones con el *cosmos* y con la naturaleza.

Y, más adelante, añade:

> El conocimiento que la física y la biología nos han suministrado acerca de la realidad nos impedía considerarla desde la dimensión de la simplicidad; pero, al mismo tiempo, es la complejidad de la realidad, encontrada al cabo de los conocimientos de la física y de la biología, lo que nos ha puesto en la pista de la complejidad del

> saber humano. Los avances del conocimiento nos han llevado a aceptar la complejidad del hombre y de la sociedad; pero, a la vez, la complejidad del hombre y de la sociedad nos han impuesto en la necesidad de reconocer la complejidad del conocimiento humano (Gavilán 2001: 108).

El conocimiento complejo puede llegar a ser un conocimiento más liberado, más inter y transdisciplinar, como un conocimiento que intenta dar cuenta de la realidad entrelazada en la que existimos. De este escenario, la especialización sobrevivirá, alcanzando nuevos y espectaculares rendimientos, al insertarse en el conocimiento de los conjuntos y de las totalidades relativas.

Por otra parte, es importante recordar que en el conocimiento complejo no hay hallazgo sin pérdida, aprendizaje sin desaprendizaje, cambio de paradigmas sin resistencias, respuestas sin el surgimiento de nuevas preguntas, o comprobaciones sin incertidumbres. Como bien dice, Alfredo Gutiérrez, a quien hemos seguido en estos últimos párrafos:

> La ignorancia es la parte importante del conocimiento. El error es el momento fundamental de la investigación. El misterio siempre va por delante de la ilustración. Es ese faltante el que atrae, no la saciedad (Gutierrez 2005: 24).

El reconocimiento de la ignorancia, del error y del misterio es la base imprescindible para encaminarse a la búsqueda del conocimiento complejo.

3. Principios generativos de un método-estrategia

El método científico clásico, desde mediados del siglo XX, ha venido acumulando cuestionamientos y problemas que no ha podido resolver dentro de su paradigma simplificador, el cual invita a la disyunción y a la reducción.

Una visión compleja de la realidad implica la superación –o, al menos, el intento de superación-, de los desafíos metodológicos aún vigentes. Los principios generativos que nos aporta el paradigma de la complejidad, como veremos en seguida, puede conducirnos a una comprensión de la realidad humana individual y social mejor contextualizada y vinculada, con su consecuencia implícita de ser, a su vez, más integradora de las diversas dimensiones de lo humano y ofrecer horizontes de posibilidades más halagüeñas para la vida individual y colectiva.

A continuación presentamos algunos de estos principios generativos, que nos permiten sostener un método, entendido como estrategia.

3.1. Consideraciones preliminares en torno a los principios de un método complejo

Lo que agrava la dificultad de conocer nuestro mundo, es el modo de pensamiento, afirma Edgar Morin (1988: 21). Es decir, el proceso de conocimiento no invita a desarrollar la aptitud de contextualizar, globalizar, atender la relación todo-partes, observar la multidimensionalidad de lo fenoménico o, dicho resumidamente, de aproximarse al conocimiento de la complejidad de lo real.

Un intento de reflexión, como el que aquí pretendemos, implica una serie de supuestos en torno a lo que constituye lo real, así como una serie de principios de inteligibilidad que nos ayuden a concebir y comprender la complejidad.

Estos principios buscan ser generativos pues producen el camino del conocimiento, que muchas veces tiene retornos para interrogar y regenerar sus propios principios. Son los principios de un método que se hace durante la búsqueda. Son principios o idas generativas que pueden conducir a pensar "una estrategia y un arte real de pensar, es decir, un método que pueda articularse sobre la complejidad de lo real" (Morin 1995: 80). Lo que proponemos es argumentar a favor de una estrategia necesariamente compleja de aproximación a lo real, por oposición a una sola ruta metódica o receta investigativa con pretensiones de objetividad absoluta.

Los principios generativos, que a continuación exponemos, pretenden ser aplicables en el proceso de conocimiento de cualquier problema de lo humano individual y social, pero no intentan ser reglas fundamentales y rígidas de un nuevo canon metodológico carente de autoreflexión. Tampoco son sólo ideas generales, por su vaguedad o abstracción, sino principios que permiten generar la construcción del propio camino o método de conocimiento. De igual modo, no pretendemos una metodología para el *todo*, sino perfilar los principios de la dinámica que subyace a toda realidad humana y a toda referencia de lo vivo.

En síntesis, en este escrito intentamos elaborar una propuesta de un método complejo y transdisciplinar aplicable al conocimiento de lo humano social. La propuesta consiste en una serie de principios epistemológicos, que metodológicamente se ponen a prueba en el mismo caminar. Son principios de inteligibilidad complementarios e interdependientes, que se convocan y necesitan unos a otros, por lo que no deben entenderse como separados entre sí.

Es pertinente advertir sobre uno de los peligros en esta tarea: el riesgo de simplificar lo complejo en unos cuantos principios. Reconozco los obstáculos de esta aventura intelectual y asumo la posibilidad del fracaso de este intento que pretende ser, tal vez, sólo una contribución pedagógica de mis propias dudas e ilusiones que, en el mejor de los casos, puede ser compartida y dialogada con otros.

Afirmo lo anterior porque el pensamiento complejo difícilmente puede enseñarse dentro de los esquemas del pensamiento dominante, que simplifica y descontextualiza.[1]

[1] La perspectiva metodológica en la que nos situamos no es una visión opuesta del método científico clásico sino es un intento de articular este tipo de procedimiento con el método complejo. Así, el primero

Requiere, por el contrario, de una reforma de los principios que gobiernan el razonamiento y de una tarea múltiple para contribuir a la construcción de una teoría del conocimiento que necesita la convergencia de múltiples esfuerzos.

En un método que se pretende complejo: separar y distinguir, nunca es cortar, así como unir y conjugar nunca es totalizar. Es decir, el método como estrategia huye tanto del reduccionismo simplificador, que se queda en el conocimiento de la *parte*, como del reduccionismo totalizador, que sólo ve el *todo*.

En una primera aproximación, siguiendo a Edgar Morin, podemos decir que el método de la complejidad responde a la necesidad de un pensamiento:

- que capte que el conocimiento de las *partes* depende del conocimiento del *todo* y que el conocimiento del *todo* depende del conocimiento de las *partes,*
- que reconozca y trate los fenómenos *multidimensionales,* en vez de aislar de manera mutiladora cada una de sus dimensiones,
- que reconozca y trate las realidades que son, a la vez *solidarias y conflictivas* (como la democracia misma, sistema que se nutre de antagonismos, al mismo tiempo que los regula),
- que respete lo *diverso*, al mismo tiempo que reconozca lo *único* (Morin 2001b: 117).

Finalmente, lo que proponemos en este apartado son algunos principios generativos de un método-estrategia, que interrogue, complemente y complejice los principios reguladores del método-programa que responde al esquema de la simplificación.

En consonancia con estos principios de inteligibilidad, intentaremos, a continuación, desprender algunos elementos estratégicos que puedan ser útiles en el conocimiento e investigación de lo social.

3.2. Los principios generativos del método-estrategia de la complejidad

¿Cuáles son los principios generativos sobre los que se sustenta el método-estrategia de la complejidad? Según Edgar Morin, son tres los principios genéricos que ayudan a pensar la complejidad, los cuales se interrelación y complementan entre sí: el dialógico, el de recursividad organización y el hologramático.

El *principio dialógico* permite mantener la dualidad en el seno de la unidad, asociando dos términos en su relación complementaria y antagónica. La dialógica puede ser definida como la asociación compleja de lógicas, entidades o instancias complementarias y antagónicas, que se nutren entre sí, se complementan, pero también se oponen y compiten. Esta unión compleja es necesaria para la existencia, el funcionamiento y el desarrollo de los fenómenos organizados. Por ejemplo:

---

puede ser retomado en una perspectiva abierta, más amplia y relativa, que permita asumir con humildad sus alcances.

cultura/naturaleza, orden/desorden, local/global, individuo/sociedad, vida/muerte, unidad/diversidad, sujeto/objeto, etc.

En la dialógica, los antagonismos habitan y son constitutivos de las entidades o fenómenos complejos. Octavio Paz, sensible a la realidad dialógica del amor/desamor de las parejas, escribió:

> Como todas las grandes creaciones del hombre, el amor es doble: es la suprema ventura y la desdicha suprema. Abelardo llamó al relato de su vida: *Historia de mis calamidades*. Su mayor calamidad fue también su más grande felicidad… Los amantes pasan sin cesar de la exaltación al desánimo, de la tristeza a la alegría, de la cólera a la ternura, de la desesperación a la sensualidad… Pero, como dice San Juan de la Cruz, es una "llaga regalada", un "cauterio suave", una "herida deleitosa (Paz 1994: 210-1).

Paradójicamente, en el pensamiento simplificador, no dialógico, se elige una alternativa, expulsándose al contrario, excluyendo la contradicción. Por ejemplo: no se piensa en la organización como orden y desorden, sino sólo como orden; el sociologismo no piensa en el individuo o la especie, sino sólo en el determinismo social; el psicologismo, enfatiza la explicación del comportamiento humano sólo por la conducta individual. Buscar la alternativa, sin sostener la dialógica, es, según Morin, "la forma vulgar de encontrar una salida a la dualidad contradictoria" (Morin 1973: 87).

El *principio de recursividad organizacional* se basa en la idea de bucle, de circulación, de circuito, de rotación. No es sólo la idea de interacción. El bucle es un proceso que asegura la existencia y la constancia de la forma. Es el caso de los torbellinos o remolinos que nacen del encuentro de dos flujos interrelacionados y se organizan en un movimiento rotativo. Movimiento que capta el flujo, lo succiona, lo hace girar, le imprime la forma de espiral y después lo expulsa.

El bucle es una forma que genera, a cada instante, la organización que regenera el torbellino o remolino. No sólo su forma se vuelve a cerrar sobre sí misma sino que el bucle vuelve sobre el circuito, le renueva fuerza y forma. Por ello, se dice que el bucle es genésico (genera el remolino), genérico (genera una organización) y generativo (genera a cada instante su regeneración) (Morin 1981: 28-39).

La idea de bucle es básica para entender la recursividad y la retroacción. Infinidad de fenómenos sociales están en circulación o rotación: las relaciones interpersonales padre-hijo, esposo-esposa, entre amigos, etc.; la dinámica pobreza-riqueza; el circuito institucionalidad-movimiento; la interacción Estado-sociedad civil, países desarrollados-países emergentes, sociedad global-sociedad local, etc.; la retroacción entre acción y conocimiento, entre práctica y teoría; o bien, la imparable rueda de la violencia, de la confianza o desconfianza, del amor o el desamor entre dos o más actores.

Schumpeter, por ejemplo, escribió sobre la justificación circular o embuclada del capitalismo. Su argumento decía: la gente desea las mercancías porque desde su más

tierna infancia se le educa para quererlas y porque el sistema social imperante les dificulta, de diversas formas, el querer o aspirar cualquier otra cosa. Afirmaba que mientras se quiera la acumulación y actualización –la moda, lo nuevo, etc.- de los productos o mercancías, la situación no cambiaría (Castoradis 1999: 86-7).

Un tercer principio que propone Morin, es el *principio hologramático*. En el holograma, cada una de las *partes* de una imagen contiene casi la totalidad de la información del objeto representado.

El principio hologramático es un tipo asombroso de organización "en la que el *todo* está (engramado) en la *parte* que está en el *todo* (holos), y en al que la *parte* podría ser más o menos apta para regenerar el *todo*" (Morin 1998: 112). Este principio supera el marco de la imagen física –por ejemplo, lo construido por láser- pues posiblemente sea un principio que concierne a la complejidad de la organización viviente: a la complejidad de la organización biológica, de la organización cerebral y de la organización socio antropológica. Así, el principio hologramático es el principio clave de las organizaciones poli celulares, vegetales, animales y de lo humano.

Cada célula, por ejemplo, contiene en sí el engrama genético de todo el ser que representa (base de la clonación). Es el caso de la maravilla hologramática del huevo de un animal, del cual se forma todo el ser. De igual manera, cada neurona detenta la información genética de todo el organismo. Otro ejemplo es la textura semántica del lenguaje, donde cada palabra, en el diccionario de una lengua, se define con otras palabras, que a su vez se definen con otras palabras y, si continuamos, descubrimos que la definición de cada palabra implica en sí la mayoría de las palabras de ese lenguaje (Morin 1998: 112).

Si bien hay planteamientos de filósofos, pensadores y aún místicos en torno a la idea de que la realidad es hologramática –el caso de Leibintz y su sistema de "mónadas", por ejemplo-, en la formulación del principio hologramático han coincidido diferentes investigadores como son los descubrimientos del proceso fotográfico sin lente del premio Nobel Dennis Gabor; los estudios pioneros de Stanford Karl Pribram sobre la memoria y el funcionamiento del cerebro, que le llevaron a concluir que éste opera como un holograma; o bien, las contribuciones del físico inglés David Bohm, quien afirmaba que las entidades físicas que parecían separadas y discretas en el espacio y en el tiempo estaban realmente vinculadas de manera implícita o subyacente de manera indivisa en el universo físico –lo que él dominó como el orden implicado-, el cual puede entenderse como un holograma gigantesco.

En síntesis, si bien la realidad social es un *todo* interconectado, solemos percibir objetos, fenómenos, acontecimientos, sucesos, etc., aislados y separados de sus conexiones. Además, este principio invita a entender que la sociedad está en nosotros, sus observadores; cuando nosotros observamos, conceptualizamos o investigamos nuestra sociedad. De aquí se desprende la no separación sujeto-objeto en el pensamiento complejo, pues el sujeto-observador-conceptualizador es parte del objeto-observación-conceptualización (Gutiérrez 2003: 42).

3.3. Otros principios generativos interrelacionados

Con el propósito de ver más y mejor el movimiento y la interdependencia de la realidad físico-bio-social, tal como lo pretende el pensamiento complejo, es posible señalar algunos otros principios generativos para el conocimiento. Edgar Morin, en su vasta producción de medio siglo, así como otros muchos pensadores que comulgan con la idea de otro paradigma para el conocimiento, señalan algunos otros rasgos metodológicos que pueden permitir "otras visiones y valoraciones, luego otra capacidad de respuesta y resolución ante nuestros problemas y formas de vida" (Gutierrez 2003: 122).

Dado los límites de este escrito, sólo enlistaré y describiré brevemente algunos de estos principios generativos que facilitan el avance del conocimiento complejo:

El principio sistémico u organizativo. Una de las premisas básicas del pensamiento complejo es su crítica a los procesos genéricos del pensamiento que "separan las cosas que, en realidad, no se hallan separadas", disyunción que nos conduce a una percepción fragmentada del mundo. En nuestra cultura occidental, el proceso de pensamiento selecciona ciertas cosas, omite otras y finaliza atrapado en esa separación sin retornar al conjunto. Así, las divisiones que hacemos se originan en el pensamiento, no en el mundo, pues la realidad es de una sola pieza. La naturaleza del mundo es que *todo* participa en *todo*, *todo* lo "engloba" a *todo*. Un texto budista Chan poéticamente dice: "se levanta una partícula de polvo y toda la tierra está allí, florece una flor y amanece un universo con ella" (citado por Briggs y Peat: 1999: 142).

Es esta forma disyuntiva como opera nuestro pensamiento lo que hoy nos está generando múltiples problemas en diversos ámbitos, poniendo en riesgo la vida humana y planetaria. De ahí la importancia que tiene el principio sistémico.

El concepto de sistema es inseparable del tema de organización. Si el sistema es la unidad global organizada, la organización puede entenderse como "la disposición de las relaciones entre componentes o individuos que produce una unidad compleja o sistema, dotada de cualidades desconocidas en el nivel de sus componentes o individuos" (Morin 1981: 126). La organización es la disposición de sus partes, que otorga cierta solidez a las uniones y cierta posibilidad de duración frente a las perturbaciones a la misma. La organización reúne y mantiene, pero también produce y transforma. Los conceptos de sistema y organización están unidos, pues el concepto de sistema no es sólo la interrelación entre el *todo* y las *partes,* sino que también es dinamismo organizacional de unos elementos en interrelación. Por ello, el concepto de interrelación es clave para unir el concepto de sistema y organización.

Resumiendo, el sistema hace referencia a la unidad compleja organizada y, por otra parte, al carácter fenoménico del *todo*; la organización remite a la disposición de las *partes*; y la interrelación, al tipo y formas de unión entre elementos, individuos y acciones. Por ejemplo, la sociedad como sistema social no es la suma de individuos, sino el producto de las interacciones entre individuos que producen una determinada organización. Al modificarse la disposición de las partes y, por tanto, sus interacciones,

generándose nuevas cualidades –emergencias y constreñimientos-, se crea otro sistema, aunque no haya cambiado la composición de sus elementos.

El principio de movimiento de lo real. La realidad que observamos suele presentarse como estable, tangible, fija, lo cual es una ilusión. Por el contrario, el universo, la vida, lo humano son realidades dinámicas, en permanente movimiento. Lo que normalmente vemos es un orden desplegado, explícito, siendo que hay un orden subyacente en lo que observamos, el orden implicado, nos dice Bohm (1998), el cual tiene relación con el principio hologramático antes visto. Hay un *holomovimiento*, un movimiento que se pliega y se despliega, que se manifiesta en ocasiones en formas relativamente estables, pero que nunca pierde su permanente proceso de transformación –por ejemplo, la formación de las nubes, los valores o creencias de un individuo, las instituciones sociales, etc.-.

El movimiento de lo real implica para el observador o sujeto cognoscente el pensar en movimiento. Es decir, autoconcebirse como un sujeto histórico, que percibe la realidad a partir de los referentes conceptuales, valorativos, técnico-instrumentales, etc. de su tiempo. Por ello, los meta puntos de vista que nos permitan observar nuestra sociedad y el contexto de nuestra observación son fundamentales en el pensamiento complejo.

El principio de autonomía/dependencia o principio de auto-eco-organización. La idea central de este principio es que la autonomía de lo viviente emerge a través de su actividad de auto-producción y auto-organización. El ser viviente, en el que la auto-organización realiza un trabajo ininterrumpido, se nutre de energía, materia e información exterior para regenerarse y poder persistir. Su autonomía, por tanto, deviene en una dependencia y su auto-organización es un auto-eco-organización (Morin 2001a: 279).

Todo fenómeno vivo, como los fenómenos humanos y sociales, son capaces de auto-organizarse y auto-producirse. Para perseverar en su ser y guardar su forma, toda organización activa gasta y obtiene energía e información del ecosistema en el que existe; de ahí la dialógica entre su autonomía y su dependencia. Por ello se dice que todo ser vivo es un ser *auto-eco-organizador*.

El principio de autonomía/dependencia o auto-eco-organización significa que deben observarse y comprenderse los procesos de autonomía de los seres vivos en relación a su dependencia eco-organizadora. Es decir, sólo puede pensarse un ser vivo *en*, *contra* y *con* su medio ambiente, en una simbiosis auto-ecológica. La sociedad, en consecuencia, no es sólo reproducción de su estado anterior ni adaptación reproductiva ampliada. La sociedad es también auto-organización: creación a partir de sus sistemas de valores, del conjunto de la cultura, de los proyectos de desarrollo de sus actores, de la confrontación entre sus agregados, etc.

Un corolario que se desprende de lo anterior es que esta dinámica de los organismos activos sólo es posible en *sistemas abiertos* a su entorno, que dispongan de mecanismos *regeneradores o autorreproductivos* que le permitan perpetuarse o reproducirse. De no ser así, de ser un sistema cerrado, ¿De dónde obtendría su energía para reorganizarse?

El principio de causalidad compleja. Si bien la causalidad determinista o lineal que dominaba en las ciencias clásicas se ha flexibilizado, dando lugar a la causalidad probabilística o estocástica de carácter estadístico, la idea misma de causalidad sigue siendo rígida, lineal, estable, cerrada, mecánica: "en todas partes, siempre, en las mismas condiciones, las mismas causas producen los mismos efectos; no podía darse el caso de que un efecto desobedeciera a la causa; no podía ser cuestión de que un efecto retroactuando hiciera efecto sobre la causa y, sin dejar de ser efecto, deviniera causal sobre la causa que deviene efecto suyo, aun permaneciendo causa" (Morin 1981: 293).

Complejizar la concepción de causalidad lineal implica, por tanto, sustituir la relación causa-efecto, por su recursividad. Así, el estado final, aunque sigue siendo final, es también inicial, y el estado inicial es también final. Por ejemplo, sabemos que toda acción produce una reacción; por ello, en política, cuando se intenta implementar una acción considerada progresista o transformadora, son de esperarse reacciones desencadenadas por las contrafuerzas o contrarios a la acción inicial, y se puede dar el resultado de que los progresos conduzcan a reacciones conservadoras, y que esas reacciones desencadenen más acciones progresistas. En este caso, la reacción conservadora como estado final es también inicial, lo mismo que sucede con la acción progresista.

Por otra parte, en el pensamiento complejo es fundamental considerar que en toda realidad social o política, así como en toda organización viva, no existen causalidades unilineales, sino dinámicas multicausales y recursivas.

El principio de la causalidad recursiva, por tanto, desecha la idea de la causalidad lineal, pues sostiene que todo lo que es producido, regresa sobre aquello que lo ha producido, en un círculo en sí mismo, auto-constitutivo, auto-organizador y auto-productor.

El concepto de causalidad compleja recupera y recapitula casi la totalidad de los principios metodológicos, de los que hemos hecho referencia en este escrito. A saber:

- causalidades correlativamente deterministas y aleatorias;
- causalidades mutuamente interrelacionadas y causalidades polideterminantes;
- causalidades circulares: en bucle retroactivo regulador o en bucle retroactivo dinámico (desintegrador o generador de nuevas organizaciones);
- causalidades en bucle retroactivo regulador (retroacción negativa);
- causalidades en bucle retroactivo dinámico (retroacción positiva);
- causalidades "negantrópicas", es decir, que producen, a la vez, degradación/desorganización y regeneración/reorganización;
- causalidades en bucle recursivo, en las que los efectos determinados son indispensables para su causación;
- auto-producción de causalidades (programa, decisión, estrategia) y de finalidades; (Morin 1983: 435)
- y las incertidumbres de la causalidad (pues las mismas causas no producen siempre los mismos efectos, cuando la reacción de los sistemas que ellas

> incluyen es diferente y porque unas causas diferentes pueden suscitar los mismos efectos) (Morin 2001b: 125).

En la vida, en la historia de los individuos y las sociedades humanas, se encuentra este abanico interrelacionado de posibilidades de la causalidad compleja, lo que niega el antiguo simplismo de los determinismos mecánicos y el casi imposible señalamiento –salvo en casos extremos- del "factor causal determinante". Por tanto, para comprender cualquier fenómeno individual o social es necesario recurrir al juego complejo de las causalidades internas y externas, que tienen diverso origen y carácter –determinismos, aleatoriedades, generatividades, retroacciones, etc.-. Lo anterior da pie a lo que Morin llama la *ecología de la acción*, es decir, a los efectos impredecibles que producen las acciones, cuando estas escapan a las intenciones originales de quienes las producen.

En síntesis, como apunta Morin: "La causalidad compleja no es lineal: es circular e interrelacional; la causa y el efecto han perdido su sustancialidad; la causa ha perdido su omnipotencia, el efecto su omnidependencia. Ambos están relativizados el uno en el otro. La causalidad compleja no es ya solamente determinista o probabilística, crea lo improbable, en este sentido, no concierne ya solamente a cuerpos aislados o poblaciones, sino también a seres individuales que interactúan con su entorno" (Morin 1981: 308).

El principio de reintroducción del conocedor en todo conocimiento.

> La realidad, precisamente por serlo y hallarse fuera de nuestras mentes individuales, sólo puede llegar a éstas multiplicándose en mil caras o haces…Pero la realidad no puede ser mirada, sino desde el punto de vista que cada cual ocupa, fatalmente, en el universo (Ortega y Gasset 2005: 51-3).

Estas afirmaciones de Ortega y Gasset, permiten introducirnos a este principio del método-estrategia del conocimiento complejo, que afirma que: la realidad observada o investigada es construida por el observador o investigador. Es decir, el sujeto que conoce está dentro del objeto de su observación. Lo está con sus categorías previas e ideas, con sus prenociones y valores, con su experiencia biográfica y el contexto histórico, desde donde hace su observación. Por ello, continúa diciendo el filósofo español antes citado:

> Donde está mi pupila no está otra; lo que de la realidad ve mi pupila no lo ve otra. Somos insustituibles, somos necesarios… Dentro de la humanidad cada raza, dentro de cada raza cada individuo, es un órgano de percepción distinto de todos los demás y como un tentáculo que llega a trozos de universo para los otros inasequibles.

Esta manera de entender la relación sujeto-objeto recoge la herencia de las diversas posturas constructivistas del conocimiento. Es importante señalar que el pensamiento complejo no pretende un constructivismo que conduzca al relativismo o al

nihilismo, sino a un pensamiento-conocimiento permanentemente guiado por criterios epistemológicos y metodológicos, que, sin asegurar un saber absoluto, permiten someter a contrastación nuestras teorías o ideas (Solana 2005: 24).

El principio de incertidumbre: el error como conocimiento. El método-estrategia del pensamiento complejo concibe la verdad como una verdad relativa, temporal y, por tanto, provisional. En este sentido, Morin (2004: 208-9) afirma que el conocimiento es *biodegradable*, a diferencia de las "verdades" reveladas, las creencias absolutas o las doctrinas cerradas. Es también una visión opuesta a la ciencia tradicional, que pretende certezas y seguridades permanentes.

El método es, como bien lo dijo Karl Popper (2006: 126-39), un combate incesante contra el error, siendo el error mismo, el que permite formularse otras preguntas, buscar otros derroteros del conocimiento e intentar nuevas respuestas. Por ello se afirma que la "verdad" no es más que la rectificación de una cadena de errores, lo que significa que el error es generador de otros conocimientos.

La ciencia es un movimiento permanente hacia la verdad a la que aspira, la cual se efectúa a través de la vigilancia incesante ante los riesgos del error. Es decir, la aplicación de los principios del método complejo no es ninguna garantía de prueba absoluta de verdad ni de la obtención de un conocimiento verdadero, pero sí puede ser una prueba para develar el error, pues toda "verdad" existe bajo condiciones y límites de un determinado contexto histórico.

Aplicando este principio al pensamiento complejo y, en particular, a cada una de las afirmaciones de este escrito, podemos aceptar que este discurso no es ni será la última palabra sobre el método o sobre el conocimiento complejo. Así, como bien afirman Briggs y Peat, podemos asumir: a) que cada afirmación de este escrito es limitada; b) y que el inciso a) es una afirmación de este escrito (1999: 225).

El principio de racionalidad. El pensamiento complejo, advierte Morin, debe distinguir entre la racionalidad y la racionalización. Aún más, debe de estar acompañado de un método-estrategia racional, es decir, que se mantenga en movimiento y rectifique, que reconozca sus faltantes y sus yerros, que descubra nuevas preguntas y explore nuevas respuestas, que se abra a la sorpresa y a la ignorancia misma, que esté insatisfecho con estado actual de sus conocimientos y avance sobre lo desconocido. Es un poeta y pensador, Octavio Paz, quien expresa lo anterior en unas cuantas palabras:

> La razón no es una diosa sino un método, no es un conocimiento
> sino un camino hacia el conocimiento (Paz 1995: 163).

El principio de racionalidad no pretende explicarlo todo, pues sabe que en el conocimiento hay fisuras y misterios; sabe, también, la imposibilidad de vivir sólo a partir de preocupaciones o representaciones científicas. Se opone a la racionalización, entendida como el imperio de la razón, desbocada y autosuficiente, aplicada a todos los campos de la existencia, la cual no se da cuenta en absoluto de su lado poco razonable y hasta delirante. En este sentido escribe Morin:

> Es cierto que la razón debe criticar el mito, pero no disolverlo. Si cree haberlo disuelto, entonces es ella la que se ha convertido en mito (Citado en Gutiérrez 2003: 43).

Albert Camus escribió en el Mito de Sísifo: "…el sistema más cerrado, el racionalismo más universal, termina siempre chocando con lo irracional del pensamiento humano." El ser humano es sólo racional en la medida en que desarrolla su habilidad de razonar y obrar en consecuencia. No todo en él es racional; sus apetencias, deseos, aversiones y pasiones van en contra, a menudo, de lo que la razón le dice (Gómez del Llano 2005: 11).

El principio de incompletud y conocimiento relativo. Este principio, íntimamente ligado a los dos anteriores, expresa la riqueza de todo lo vivo e invita a un conocimiento abierto, siempre a punto de hacerse y deshacerse, donde el saber total se da por descontado. Es lo que Karl Popper llamó: "la búsqueda inconclusa o búsqueda sin término" (2006).

Recapitulando, los dos últimos principios del método-estrategia -el principio de racionalidad y el principio de incompletud-, tenemos que para el conocimiento complejo:

- El conocimiento es provisional o saber aproximado (principio de incertidumbre o error como generador de conocimiento).
- No todo es conocible y formulable científicamente (principio de racionalidad).
- La imposibilidad del conocimiento completo o de la totalidad (principio de incompletud y conocimiento relativo).

Los anteriores principios del método complejo, repitámoslo, de ninguna manera constituyen una abdicación o renuncia al conocimiento científico, sino una empresa que permite captar mejor la riqueza de la experiencia de la vida, tanto natural como social.

El principio de incompletud y del conocimiento relativo parte del supuesto de que las innovaciones y la creatividad de la realidad son siempre integradas con retraso en el saber común y en el saber científico. Por ello, la vida, la vitalidad, siguen dando miedo a los pensamientos establecidos, que pretenden saberlo y controlarlo todo, nos dice Michel Maffesoli (2001: 79), y añade:

> La física moderna, la de Descartes o Newton, es del orden de la estabilidad, es predecible, y, tal vez, explicada por un conjunto de leyes científicas. La física social también se basa en tal paradigma: el fantasma de la regulación total de la sociedad, sobre la base, justamente, de las leyes en cuestión: ¡Concepción normativa, judicativa y, digámoslo, reductora, si la hay!
>
> Ahora bien, incluso si los efectos son lentos para manifestarse, la revolución cuántica, comenzada en los años veinte por la escuela de Copenhaguen (Niels Bohr, Wolfang Pauli, Wener Heisenberg…)

> muestra la relativización de las leyes del mundo físico. Más aún en lo que concierne a la existencia social, que contraviene con constancia a los a priori dogmáticos y otras leyes rígidas en las cuales quisiéramos encerrarla.

El principio de apertura al descubrir y preguntar en la perspectiva de la complejidad, está estrechamente vinculado al anterior principio generativo, al que nos hemos referido. Consiste en proceder metodológicamente, siendo fiel a la observación del problema desde distintos ángulos y enfoques. Esto significa que, al mirar un objeto desde distintos puntos de vista o perspectivas, y considerando sus procesos de transformación, terminemos por concluir que no se puede conseguir una definición lineal, definitiva y única del mismo, sino, por el contrario, quedamos invitados a dejar abierta la cuestión para descubrir y ampliar preguntas en torno al conocimiento de ese mismo problema u objeto, o bien, de otras realidades conjuntas relacionadas con ello.

Este principio permite relativizar la prioridad de las teorías y los conceptos en el proceso de conocimiento, así como advertir la importancia de no relegar o marginar la observación de la realidad. Sabemos que la rigidez de algunas teorías y escuelas encasillan la realidad y no nos permiten abrirnos a nuevas miradas o a buscar complementariedades en las observaciones.

No olvidemos también que las preguntas, en ocasiones, dicen más que las respuestas, pues el saber ignorar es un acicate para el saber.

Es oportuno ahora hablar de otros dos principios: el del diálogo entre los conocimientos especializados y el del diálogo con los otros saberes.

El principio del diálogo entre los conocimientos especializados. La multicitada referencia de Blas Pascal, sintetiza este principio: "Siendo todas las cosas causadas y causantes, ayudadas y ayudantes, mediatas e inmediatas, y estando todas unidas por un lazo natural e insensible que vincula las más alejadas y las más diversas, sostengo que es imposible conocer las partes sin conocer el todo, así como conocer el todo sin conocer las partes." Lo que es extraordinario, nos dice Morin (2010: 146), es que este principio pascaliano sea contemporáneo de un principio antagónico, formulado por Descartes en *Discurso del Método*: la necesidad de separar todas las cosas, "de dividir cada una de las dificultades en tantas parcelas como sea posible y necesario para resolverlas mejor". Pero, además, Descartes consideró como las únicas verdades las ideas "claras y nítidas."

Lo que pretende este principio de diálogo entre los conocimientos especializados es unir o integrar, de manera antagónica y complementaria, el principio de Descartes –el análisis- al principio pascaliano de la dialógica análisis-síntesis. Ahora bien, en nuestro sistema de educación, de conocimiento y de la práctica de investigación, el principio de Descartes suele eliminar al de Pascal.

Esto significa que el método-estrategia al que invita el pensamiento complejo, no puede detenerse sólo en el análisis y la división constante de los problemas en distintas áreas especializadas, ignorando el contexto más amplio que da a las cosas su unicidad. Por el contrario, es imperativo y urgente la comunicación y la interacción de

las disciplinas, así como de los investigadores, lo cual implica disposiciones y aproximaciones progresivas para ir haciendo posible la reorganización del conocimiento.

De hecho, este principio de articulación del conocimiento, según el pensamiento complejo, se extiende no sólo más allá de la ciencia o la investigación científica, sino de nuestra visión general de la vida, entendida como realidad sistémica de intrincadas interrelaciones y recursividades. Por algo, en muchas culturas, la visión general del universo, el arte, la religión y los conocimientos del saber hacer, no estaban separadas. Este argumento, permite vincularnos con otro principio generativo ya mencionado: el principio de diálogo con otros conocimientos.

El principio de diálogo con otros conocimientos significa la apertura de los conocimientos disciplinares o científicos a la filosofía, literatura, arte, poesía y a los conocimientos del saber hacer y del sentido común. Es dar cabida a la imaginación y las metáforas, las emociones y las pasiones, a los enigmas y los misterios, muchas veces opacados, e, incluso, ocultos por las racionalizaciones y argumentos de objetividad de los conceptos, leyes y teorizaciones de la ciencia. Así, por ejemplo, V. Nobokov, artista y conocedor de la ciencia, pedía a sus alumnos:

> La pasión por la ciencia y la paciencia de la poesía; la emoción del descubrimiento científico y la precisión de la poesía. E, incluso como artista, prefería el detalle a la generalización, las imágenes a las ideas, los hechos oscuros a los símbolos claros, el fruto silvestre a la confitura sintética (Gavilán 2001: 128).

Este principio es el rechazo a las teorías anquilosadas, a los conceptos gastados, a los enfoques monodisciplinares que privilegian y pontifican a partir de su sola mirada. Es, más bien, el dejarnos llevar por una fuerza interna, que, conscientes de nuestra incompletud humana, nos empuja hacia la búsqueda de verdades que sabemos inaprensibles y que siempre se desvanecen cuando creemos tenerlas.

El principio de comprensión, nuestro último principio generativo en este escrito, consiste en no detenerse en la explicación pretendida de la ciencia occidental clásica, la cual ha enfatizado la búsqueda de regularidades o generalidades mediante la reducción a un número limitado de elementos –tradicionalmente denominados variables-. La comprensión, por el contrario, se mueve principalmente en las esferas de lo concreto, lo analógico, la intuición global, lo subjetivo, pretendiendo captar las significaciones existenciales de una situación o de un fenómeno. Por ello, la comprensión implica otros métodos distintos al de la explicación.

Más que reducir al mínimo común denominador, como lo hacen las versiones más toscas de la explicación causal, se pretende comprender el entrecruzamiento de pasiones y razones, de sentimientos y ponderaciones, de ensoñaciones y acciones de los sujetos que participan en una situación o producen un fenómeno (Maffesoli 2001: 110). Pero la comprensión debe tener presente sus límites, como su imposibilidad de ser exhaustiva, o las proyecciones e identificaciones del investigador con lo que

pretende conocer. En este tenor, Octavio Paz, en su libro sobre Sor Juana Inés de la Cruz, afirma:

> Ningún ser humano es enteramente transparente, ni para los otros ni para él mismo. Así, no intento revelar los repliegues de la intimidad de Sor Juana, sino acercarme a su vida y a su obra con la esperanza de comprenderlas en su contradictoria complejidad. Añado que esa comprensión no puede ser sino aproximada: un vislumbre. Ningún alma, ninguna vida, puede reducirse a una biografía y menos a un diagnóstico psiquiátrico.

4. Conclusiones

La propuesta de los principios generativos para ir construyendo un método-estrategia, tiene que considerar la incompletud fecunda y desafiante de nuestro esfuerzo por conocer (Gutiérrez 2003: 45); reconociendo, que el método-estrategia del pensamiento complejo no acaba de hacer sus andanzas, se encuentra en camino y, por tanto, otros principios pueden ser incorporados y algunos más, cuestionados.

Los principios generativos aquí descritos que, como hemos visto, se convocan unos a otros, posibilitan sugerir algunas pistas y plantear algunos interrogantes, sobre los procedimientos e instrumentos que pueden ser sugerentes para la investigación empírica bajo la perspectiva del método complejo.

Bibliografía

Bohm, David. 1998. *La totalidad y el orden implicado*, Barcelona, Kairós.
Bohm, David. 1997. *Sobre el diálogo*, Barcelona, Kairós.
Borges, José Luis. 1998. *Otras inquisiciones*, Madrid, Alianza editorial.
Briggs, John y F. D. Peat. 1999. *Las siete leyes del caos*, Barcelona, Grijalbo.
Calvino, Italo. 1992. *Por qué leer los clásicos*, Barcelona, Tusquets.
Castoriadis, Cornelius. 1999. *Figuras de lo pensable*, Madrid. Frónesis, Cátedra Universitat de Valencia.
Elías, Norbert. 1994. *El proceso de civilización*, México, FCE, México.
Gavilán, Juan. 2001. *De los límites de la razón a la razón de los límites,* Málaga, Textos mínimos, Universidad de Málaga.
Grinberg, Miguel. 2005. *Edgar Morin y el pensamiento complejo*. Madrid. Campo de ideas.
Gómez del Llano, Ignacio. 2005. *Breviario de filosofía práctica*, Madrid, Biblioteca de ensayo Siruela.
Gutierrez, Alfredo. 2005. *Mis conclusiones*, inédito.
Gutiérrez, Alfredo. 2003. *La Promesa I: Edgar Morin, conocimiento e interdisciplina*, México, Universidad Iberoamericana
Gutiérrez, Alfredo. 1996. *Deslimitación, el otro conocimiento y la sociología informal*, México, Universidad Iberoamericana/Plaza y Janes.
Ibáñez, Jesús. 1985. *Del alogaritmo al sujeto*, Madrid, Siglo XXI.
Maffesoli, Michel. 2001. *El instante eterno*, Santiago del Estero, Paidós.
Marai, Sándor. 2006. *¡Tierra, tierra!*, Barcelona, Salamandra.
Maturana, Humberto. 1996. *La realidad: ¿objetiva o construida?,* Barcelona, Anthropos.
Morin, Edgar. 2005. *El método VI: ética,* Madrid, Cátedra.
Morin, Edgar. 2004. *Pour entrer dans le XXIe siècle*, France, Éditions de Seuil.
Morin, Edgar. 2001a. *La method V: L´humanité de l´humanité*. Paris, Seuil.

Morin, Edgar. 2001b. *La mente bien ordenada. Repensar la reforma. Repensar el pensamiento*. Barcelona, Seix Barral.
Morin, Edgar. 1995. *Sociología*, Madrid, Tecnos.
Morin, Edgar. 1992. *El método IV: las ideas,* Madrid, Cátedra.
Morin, Edgar. 1990. *Introducción al pensamiento complejo*, Barcelona, Gedisa.
Morin, Edgar. 1988. *El método III: el conocimiento del conocimiento,* Madrid, Cátedra.
Morin, Edgar. 1983. *El método II: la vida de la vida,* Madrid, Cátedra
Morin, Edgar. 1982. *Ciencia con conciencia*, Barcelona, Anthropos.
Morin, Edgar. 1981. *El método I: la naturaleza de la naturaleza*, Madrid, Cátedra.
Morin, Edgar. 1973. *Diario de California*, Madrid, Fundamentos.
Morin, Edgar y Djénane Kareh Tager. 2010. *Mi camino*, Barcelona, Gedisa.
Ortega y Gasset, José. 2005. "Verdad y perspectiva", en *El espectador*, Madrid, Biblioteca EDAF.
Paz, Octavio. 1995. *Ideas y costumbres I, La letra y el cetro*, México. Obras completas, FCE.
Paz, Octavio. 1998. *Sor Juana Inés de la Cruz o las trampas de la fe.* México, Obras completas, FCE.
Paz, Octavio. 1994. *La llama doble: amor y erotismo*, México, Seix Barral.
Popper, Karl. 2006. *Búsqueda sin término*. Madrid, Alianza Editorial.
Reeves, Hubert et al. 2008. *La historia más bella del mundo: los secretos de nuestros orígenes*, Barcelona, Anagrama.
Sloterdijk, Peter. 2003. *Experimentos con uno mismo*, Valencia, Pre-Textos.
Solana, José Luis. 2005. *Con Edgar Morin, por un pensamiento complejo*, Madrid, Universidad Internacional de Andalucía/Akal.
Vilar, Sergio. 1997. *La nueva racionalidad: comprender la realidad con métodos transdisciplinarios*, Barcelona, Kairós.
Watzlawick, Paul. 2001. *¿Es real la realidad?*, Barcelona, Herder.

CAPÍTULO III

Pensar la complejidad con ayuda de las lógicas no-clásicas

Carlos Eduardo Maldonado*

1. Introducción

En el corpus normal del trabajo en ciencias de la complejidad y, a fortiori, del trabajo con, y la investigación sobre, complejidad no aparece un espacio para las lógicas no-clásicas. La bibliografía en general en complejidad, de un lado, tanto como aquella especializada en lógicas no-clásicas, no hace ninguna referencia en el otro sentido. Mejor aún, si se echa una mirada cuidadosa a algunos de los principales centros e institutos de complejidad en el mundo -por ejemplo a las páginas web de SFI, NECSI, ISCPIF-, o algunas de las principales revistas como *Complexity*, *Journal of Complexity*, *Complexity International*, *Journal of Systems Science and Complexity*, *Journal of Complexity and Education*, *The Complexity Revolution*, *Journal of Social Complexity,* por ejemplo, aparecen numerosos campos de trabajo, problemas significativos, pero ninguna alusión a las relaciones entre complejidad y lógicas no-clásicas. Ahora bien, si se estudian con cuidado algunas de las más prestigiosas revistas de lógica en el mundo, como, por ejemplo, *Studia Logica*, *Australasian Journal of Logic*, *Journal of Philosophical Logic*, *Notre Dame Journal of Formal Logic*, tampoco aparece ninguna referencia que desde la lógica se dirija de manera directa a las ciencias de la complejidad. Quizás la mejor aproximación que trata de encontrar o de integrar ambas perspectivas -complejidad y lógica (s no clásicas)- sea la de Van Benthem (2008).

Pues bien, con este texto me propongo llenar este vacío.

* Professor Titular, Universidad del Rosario. Datos de contacto: Universidad del Rosario, Calle 12 No. 6-25, Edificio Santa Fé, oficina 420, Bogotá, Colombia. Teléfono: +57 (1) 2970200. Correo electrónico: carlos.maldonado@urosario.edu.co

El carácter exploratorio de este texto, sin embargo, se limitará, por razones específicamente de espacio, a mostrar diversas puertas comunicantes entre complejidad y lógicas no-clásicas (LNC), quedando pendiente, para otro momento y espacio, el trabajo -bastante más especializado- relativo a las relaciones internas entre las lógicas no-clásicas[1]. Lo que aquí me interesa es mostrar las opciones que las lógicas no-clásicas ofrecen para todos aquellos interesados en el trabajo y el estudio con los sistemas, fenómenos y comportamientos de complejidad creciente.

2. La lógica como ciencia

La historia de la modernidad hasta nuestros días se caracteriza por una magnífica eclosión de ciencias, disciplinas, prácticas y saberes que nacen de la filosofía pero que se independizan de ella. El nacimiento de la lógica formal se inscribe en la misma tradición de la inmensa mayoría de ciencias, disciplinas, prácticas y saberes que nacen a partir de la modernidad hasta nuestros días. Es decir, se trata de conocimientos que: a) dan cuenta del mundo, o bien: b) se ocupan de una porción del mundo – sin necesidad de filosofía, independientemente del "tronco de la filosofía" y la metafísica (para retormar la metáfora famosa desde Descartes), y se asumen como epistemes con derecho propio. Desde la economía y la física hasta la psicología y la antropología, desde la administración y la política hasta la historia y la estética, por mencionar tan sólo algunos pocos ejemplos.

La lógica formal clásica nace desde la obra de Boole y Morgan hasta Tarski (Alchourrón *et al*. 1995), e incluye nombres, entre otros, de la altura de Frege, Dedekind, Peano, Zermelo, Skolem, Hilbert, Kolmogorov y Gödel (van Heijenoort, (1967). Una historia más breve acerca del nacimiento de la lógica formal clásica se encuentra en Nidditch (1983). Pues bien, la lógica formal clásica es, sin más ni más, la lógica matemática o la lógica simbólica. Como lo sostiene de manera puntual Nagel (1974), es la "lógica sin metafísica".

Con seguridad, es gracias a que hubo surgido y se consolidó como una ciencia por sí misma, independientemente de la filosofía, esto es, de la metafísica, que la lógica clásica –es decir, la lógica simbólica o la lógica matemática- sirve como condición de posibilidad, por así decirlo para el surgimiento, paulatino al comienzo y luego en una verdadera eclosión, de las lógicas no-clásicas (LNCs).

[1] Dicho espacio se reserva, por lo demás, para una investigación que adelanto actualmente sobre el sentido y la posibilidad de una teoría general sobre la complejidad. Unos avances de esta investigación son: "Teoría de la historia, filosofía de la historia y complejidad", en: Maldonado, C. E., (Editor académico), *Fronteras de la ciencia y complejidad*, Bogotá, Ed. Universidad del Rosario, 2010, págs. 17-48; "Exploración de una teoría general de la complejidad", en: Maldonado, C. E., *Complejidad: Revolución científica y teoría* (Editor Académico), Bogotá, Editorial Universidad del Rosario, 2009, págs. 113-143; "El problema de una teoría general de la complejidad", en: Maldonado, C. E., (Editor), *Complejidad: Ciencia, pensamiento y aplicaciones*, Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2007, págs. 101-132; "El problema de una teoría general de la complejidad de fractales", en: F. López Aguilar y F. Branbila Paz (compiladores), *Antropología fractal*., México, D.F.: Centro de Investigación en Matemáticas, 2007, págs. 9-24.

Las LNCs surgen debido a una doble circunstancia: de un lado, porque los procesos de formalización de la lógica clásica eran muy rígidos, o bien porque eran demasiado laxos. Dicho de manera puntual, se trata del famoso problema relativo al falibilismo de la lógica planteado originariamente por Ch. S., Peirce y expuesto por Quine (1984), (Quine, 1992), (Haack, 1991); es decir, el falibilismo de la lógica formal clásica.

3. Lógicas no-clásicas: rasgos o aires de familia

Con seguridad, el rasgo más radical que representan las LNCs es el hecho mismo de un pluralismo lógico. Por tanto, es perfectamente posible afirmar que ya no existe una única forma ni una canónica del pensar, por tanto de decir el mundo y, en consecuencia, tampoco existe una única forma de vivir. Aquí se establece una ruptura fuerte con la historia de la lógica formal –por ejemplo en las versiones de Kneale and Kneale (1984) o de Bochenski (1985)-.

En efecto, la presunción de que hay una sola lógica se traduce, en dominios como la ética, la política y la cultura, tomadas en el sentido más amplio, como la imposibilidad de pensar y de vivir por fuera de los cánones del pensamiento – sostenidos por, o iluminados desde, "la" lógica. Esta fue exactamente la historia de Occidente, notablemente a partir del primer verso del Proemio del Poema de Parménides (frag. 3 D-K – 6): *tò gàr autò noeîn estin te kaî eînai*.

Pensar la complejidad consiste exactamente en pensar sistemas de complejidad *creciente*, y por tanto, sistemas de complejidad *irreductible*. Estos es, los sistemas complejos no se explican a partir de lo inferior, de lo anterior o de lo básico, sino, mejor aún, en función de las emergencias que producen o que contienen. La forma clásica de presentar esta idea consiste en el reconocimiento de que los sistemas complejos son adaptativos y, por consiguiente, abiertos. Así, lo que define radicalmente a un sistema complejo son las posibilidades que tiene, que contiene o que avizora, antes que la historia de causalidades. En una palabra, la complejidad de un sistema estriba exactamente en las posibilidades que tiene o que anticipa. Una expresión puntual de este rasgo es el concepto mismo de posibles adyacentes. De esta suerte, la irreductibilidad coincide con la noción misma de pluralidad o diversidad, que es, sin duda, la marca de familia de la complejidad. Con ello, la idea misma de lógicas no-clásicas, en contraste con *la* lógica (formal clásica) permite abordar el estudio de multiplicidades caracterizadas por diversos atributos. El pluralismo lógico se refiere a la existencia de más de una relación genuina en el estudio de las consecuencias deductivas (Beall and Restall, 2006).

Más exactamente, no existe una única verdad lógica (*there is no one true logic*). Esto significa que decir verdad (o en caso contrario, falsedad) resulta menos evidente de lo que aparecía a la luz de la lógica formal clásica. Asistimos a la co-existencia de sistemas alternativos de notación y de estudio y comprensión de lo que sea (o pueda ser) "verdad" o verdadero (Herrick, 2000).

La semántica de las lógicas no-clásicas es la de noción de semántica de mundos posibles (en tanto que la semántica de la lógica formal clásica es la semántica del mundo real o, lo que es equivalente, del mundo en general (*überhaupt*)). (Existen, sin embargo, también varias lógicas no-clásicas que tienen una semántica algebraica). La semántica de mundos posibles es, en otras palabras, el encuentro, el trabajo y las experiencias con fenómenos modales.

A la luz de la semántica de mundos posibles, lo plural se contrapone a lo singular, tanto como lo real se abre a lo posible. Este giro tiene consecuencias maravillosas que, sin embargo, no se han terminado de explorar plenamente ni en el campo de la lógica en general ni en el de la complejidad misma. Sin embargo, existe un sólido eslabón que une lógicas no-clásicas y complejidad en este punto: las ciencias de la complejidad son ciencias de fenómenos, sistemas y comportamientos que se encuentran en crisis. Esto se expresa claramente en la terminología que se emplea cuando se habla de *puntos críticos*, *estados críticos*, *criticalidad, subcriticalidad* y *supracriticalidad*, *estados de transición* y *transiciones de fase*. Sólo que se trata de estudiar la(s) crisis: a) porque son inminentes, o bien b) porque las crisis no están presentes, pero *podrían* llegar a tener lugar. Exactamente en este sentido, las ciencias de la complejidad son ciencias para tiempos de crisis. Pues bien, la(s) crisis se comprenden y se explican idóneamente mediante la semántica de mundos posibles; es decir, justamente, de estados posibles.

Pues bien, entre las lógicas no-clásicas más destacadas tenemos:

- La(s) lógica(s) paraconsistente(s)
- Lógica de la relevancia
- Lógica epistémica
- Lógica intuicionista
- Lógica no-monotónica
- Lógica modal
- Lógica dinámica
- Lógica del tiempo (o lógica temporal)
- Lógicas polivalentes
- Lógica difusa
- Lógica cuántica
- Lógica libre
- Lógica de fábrica (o fabricación)

La lista, sin embargo, no pretende aquí ser exhaustiva. Antes bien, mi interés se concentra en la forma como los fenómenos, sistemas y comportamientos caracterizados por complejidad creciente pueden ser estudiados –esto es, explicados y comprendidos- con la ayuda de las lógicas no-clásicas.

Gracias al desarrollo de las lógicas no-clásicas, las verdades lógicas lo son de cualquier cosa o aspecto del mundo (Alchourrón *et al*. 1995); así, las verdades lógicas dejan de serlo única o principalmente de juicios, razonamientos e inferencias. Con ello, en realidad, al estudio de la consecuencia como patrimonio de la lógica formal clásica (desde y gracias a Tarski)[2], la lógica en general accede igualmente al reconocimiento de que el lenguaje tiene una fuerza expresiva bien determinada y que, en síntesis, "hacemos cosas con palabras" (Austin). De esta suerte, al estudio de las inferencias válidas se suma el estudio de la fuerza o capacidad expresiva del lenguaje. Con ello, la lógica se abre hacia o incorpora o desarrolla desde sí misma –tres formas distintas de apuntar a un mismo foco- la teoría de modelos. La teoría de modelos se ocupa, en el sentido más amplio, del estudio de la interpretación de cualquier lenguaje –ya sea formal o natural- y lo hace por medio de estructuras de teorías de conjuntos. Exactamente en este sentido, la teoría de modelos y con ella las LNC abordan importantes problemas de tipo filosófico.

La lógica, en su sentido originario, trata de la consecuencia. Y el pluralismo lógico trata de las diversas formas como se dice la consecuencia en distintos lenguajes, o también de la pluralidad de maneras como pueden decirse en un solo y mismo lenguaje. Ahora bien, las ciencias de la complejidad se articulan en una multiplicidad de teorías (teoría de las fluctuaciones, teoría de las bifurcaciones, teoría de la autoorganización, teoría de la autocriticalidad autoorganizada, y muchas más), diversidad de ciencias, diversidad de modelos, etc. A fortiori, las LNCs pueden y deben tratar con esta multiplicidad. Sólo que ya no se trata única y exclusivamente de la multiplicidad de inferencias o consecuencias sino, además, de la diversidad de definiciones y modos expresión del lenguaje. Así, una de las lógicas más destacadas y que sirve a la vez como tránsito entre la lógica formal clásica, propiamente dicha, y las lógicas no-clásicas es la lógica modal (Garson, 2006).

En efecto, la lógica ha reconocido la importancia del lenguaje, su capacidad expresiva (y. en caso contrario, su capacidad oclusiva). Con ello, la teoría de modelos, que se ocupa de los temas y problema de definibilidad (*definability*) (Gabbay, Maksimova, 2005); notablemente, se trata de los temas relativos a las definiciones

[2] De manera puntal, las inferencias son implicaciones o consecuencias. Estas son, de un lado, *inferencias transductivas*, que son aquellas en las que la conclusión tiene el mismo grado de generalidad o de particularidad que las premisas. Así, la novedad del conocimiento obtenido consiste en transferir las relaciones establecidas entre el término medio y los extremos, formulándola como relación entre los términos extremos. Éstas comprenden a las inferencias por igualdad, inferencias por simetría, inferencias por homología, inferencias por desigualdad, inferencias por vinculación, inferencias por referencia, inferencias por analogía.
De otro lado, las *inferencias inductivas* se caracterizan por que las conclusiones obtenidas tienen mayor grado de generalidad que las premisas. Estas pueden ser: inferencia por enumeración completa, por coligación, por inducción matemática, por recurrencia, por reconstrucción, por inducción amplificadora, por muestreo, por estadística, por concordancia, por diferencia, por concordancia y diferencia, por residuo, por variaciones concomitantes.
Como quiera que sea, la forma más general y al mismo tiempo consistente y desprevenida de acercarnos al problema de las inferencias es el de las inferencias probables. Inducción y probabilidad son los títulos genéricos que abren y fundan a la vez a la investigación científica. Exactamente en este sentido, se ha afirmado que la columna vertebral de la ciencia (investigación científica) es la (teoría de la) probabilidad.

mismas (de un tema, un objeto, un problema, un campo o un sistema, por ejemplo). Para decirlo desde otra perspectiva, se trata del hecho de que *construimos, tanto como destruimos cosas con palabras* (Austin). Gracias a la incorporación de la teoría de modelos la lógica clásica se ve magníficamente ampliada, si no superada.

A la vez, conjuntamente con el estudio de las inferencias válidas y los problemas de definibilidad, el pensar lógico se compone o se articula en o como teoría de la recursividad. Esta teoría trata de los problemas de computación –computación, decidibilidad e indecibilidad, (Rosenberg, 2010), hipercomputación (Syropoulos, 2008), el dúplice problema importante de los problemas **P** versus **NP** (Carlson *et al*. 2006) y el problema de la completud (*completeness*), Kaye, 2007); ulteriormente, se trata incluso de los problemas de computación biológica. – Al fin y al cabo, pensar lógicamente (*legein*) no es otra cosa que computar. La computación, en otras palabras, es la expresión actual de lo que clásicamente fue la lógica. La diferencia, sostengo, es que por primera vez aparecen explícitamente la lógica y la teoría recursiva formuladas y concebidas, si no en paralelo, sí por lo menos en términos de una doble implicación recíproca. Exactamente en este sentido se ha señalado a la lógica como el "cálculo de la ciencia de la computación" (d´Avila Garcez *et al*. 2009).

Resumiendo: la lógica en general –esto quiere decir, en particular, las lógicas no-clásicas-, se compone de tres niveles, así:

- Teoría de las demostraciones (es decir, las inferencias válidas; esto es, el estudio de la consecuencia)
- Teoría de modelos (que trata de la definibilidad; es decir, los temas relativos a la interpretación del lenguaje – natural o artificial)
- Teoría recursiva (o también teoría de la recursividad; es llamada incluso teoría de la recurrencia) (es decir, todos los problemas de computación; por consiguiente, necesariamente, los problemas relativos a la complejidad algorítmica y a la complejidad computacional)[3].

Son, afirmo, los entrelazamientos, las combinaciones y las implicaciones recíprocas entre sí entre las tres teorías mencionadas las que constituyen a las lógicas no-clásicas y son precisamente ellas las que sirven de eslabón sólido para el estudio de los sistemas complejos no-lineales.

En este sentido, es importante observar que es perfectamente posible asimilar el *legein* clásico a, en términos contemporáneos, la computación sin reducir con ello la lógica a un computacionalismo ni nada semejante (en el sentido como en la historia se ha caído y se ha hecho la crítica a un fisicalismo, logicismo, matematicismo,

[3] La complejidad algorítmica hace referencia a la longitud más breve de un algoritmo para resolver un problema, en tanto que la complejidad computacional se refiere al tiempo necesario para resolver un problema.

biologismo, economicismo y demás). En este sentido, se ha producido un cambio en la concepción misma de lo que es computable (Barry Cooper *et al*. 2008). De acuerdo con este cambio, dentro de los nuevos paradigmas computacionales se encuentran: i) las conversaciones; ii) los temas y problemas de numeración; iii) las demostraciones; iv) el tiempo finito; v) el tiempo infinito; vi) el tiempo continuo; vi) el tiempo discreto.

En otras palabras, las lógicas no-clásicas constituyen la forma más adecuada para estudiar y explicar sistemas con propiedades como diversidad, no-linealidad, difusividad (*fuziness*), paralelismo, ausencia de un control rígido o, equivalentemente, la presencia de múltiples sistemas deductivos, cambio, probabilidad, no-determinismo.

La siguiente Tabla compendia las nuevas relaciones biunívocas entre lógica en general y computación, y más exactamente entre lógicas no-clásicas y complejidad:

COMPUTACIÓN	PENSAMIENTO (LÓGICA)
Computación	Pompas de intuición
Problema P y NP	Experimentos mentales
Computación no convencional	Lógica Paraconsistente
Complejidad Computacional	Lógica de la Relevancia
Complejidad Algorítmica	Lógica Cuántica
Computación Bioinspirada	Lógica del Tiempo
	Lógica no-monotónica
	Lógica Epistémica
	Lógica Dinámica
	Lógica Modal
	Lógica Difusa
	Lógicas Polivalentes
	Lógica Libre
	Lógica Intuicionista

Tabla 3.1. Relaciones biunívocas entre complejidad y lógicas no clásicas.

4. Algunos ejemplos conspicuos

Por razones de espacio, a riesgo de simplificación, quisiera a continuación destacar algunos ejemplos de cada una de las lógicas mencionadas, que pueden servir para posteriores elaboraciones más sistemáticas[4]. El orden de la presentación a continuación es caprichoso:

[4] He trabajado estos aspectos puntuales en varios textos: Maldonado, C. E., (2005) "¿Por qué hay múltiples lógicas"?, en: *Zero. Quince*, Universidad Externado de Colombia, segundo semestre, págs. 112-117; (2006a) "Lógicas no clásicas (2): la lógica del tiempo", en: *Zero. Dieciséis*, Universidad Externado de Colombia, primer semestre, págs. 124-128; (2006b) "Lógicas no clásicas (3): Lógicas paraconsistentes", en: *Zero. Diecisiete*, Universidad Externado de Colombia, segundo semestre, págs. 148-152; (2007a) "Comprensión positiva de las lógicas no-clásicas (4)", en: *Zero. Dieciocho*, Universidad Externado de Colombia, primer semestre, págs. 160-163; (2007b) "lógicas no-clásicas (5): la lógica cuántica", en: *Zero Diecinueve*, Universidad Externado de Colombia, segundo semestre, págs. 164-168, y son el objeto constante de referencia en mis clases y conferencias.

La lógica libre procede con libertad acerca de la asunción de existencias. No necesita asumir que algo existe para hablar al respecto, ni tampoco necesita demostrar la existencia de algo para hacer lógica de aquello de que se ocupa. Sus procesos de cuantificación son vacíos.

La lógica del tiempo (o lógica temporal) destaca aquello que hace falta notablemente en la lógica formal: el tiempo. Mientras que el lenguaje proposicional de la lógica clásica es atemporal –coincidiendo así con una premisa metafísica: "verdad no está en el tiempo"-, la lógica del tiempo pone de manifiesto, a partir de la obra seminal de Prior (2003), que el tiempo altera el valor de verdad o de falsedad de una proposición. En otras palabras, no solamente hay verdad en la historia, sino que, más radicalmente, hay una historia de (la) verdad. De este modo, la lógica en general gana en vitalidad, mundaneidad e historia.

La lógica dinámica pone en primer plano, por vía de contraste, el hecho de que la lógica formal clásica trata de verdades o falsedades estáticas (con lo cual, por lo demás, se traza un puente que une a la lógica dinámica con la lógica temporal[5]). La lógica dinámica se ocupa de fenómenos, comportamientos y sistemas esencialmente variables, poniendo claramente, sobre la mesa, a plena luz del día, el reconocimiento explícito de que dentro de la dinámica el aspecto más interesante es el de las posibilidades abiertas, hacia futuro, de un sistema dado. Los procesos de cuantificación de esta lógica permiten otra clase de formalizaciones distintas tanto a las que tradicionalmente había tenido la matemática como la lógica, en general.

La lógica no-monotónica se aplica a razonamientos por defecto o también a razonamientos inciertos. Se trata de aquellos casos en los que se extraen conclusiones que pueden ser revisadas debido a la inclusión de nuevos datos, o también ante la presencia de premisas no consideradas anteriormente. Así, las consecuencias extraídas previamente resultan cuestionables o inválidas. Esta clase de lógica es la de todos aquellos sistemas que son parcialmente ordenados y que implican, por consiguiente, el trabajo con sistemas discretos.

La lógica modal es, sencillamente, la lógica de la posibilidad y de la necesidad; esto es, de las cosas que deben o deberían ser y de las que pueden o podrían ser. La lógica modal se articula a su vez como lógica modal alética, lógica deóntica y como la lógica epistémica. La introducción de determinados símbolos permite distinguir entre lo que es necesario, lo que es verdadero y lo que es posible (Garson, 2006). Estas distinciones implican serias cuestiones de orden filosófico.

La lógica paraconsistente logra superar la dificultad de la lógica a partir de Aristóteles y, de hecho, la racionalidad fundante de la humanidad occidental: las contradicciones. Las lógicas paraconsistentes trabajan con contradicciones a condición de que sean no-triviales; esto es, el reto estriba en la trivialización de la consistencia o la inconstencia. En este plano se elaboran distinciones más finas, tales como

[5] Pero este puente no ha sido objeto de tematizaciones o elaboraciones explícitas hasta la fecha; no por lo menos en el plano lógico, algo que sí puede decirse (intuitivamente) del lado de las ciencias de la complejidad.

proposiciones consistentes, inconsistentes y paraconsistentes (Bobenrieth, 1996). El motivo central de trabajo de esta lógica son las inconsistencias y los conjuntos no satisfechos, incompletos, digamos.

La lógica de la relevancia es una lógica esencialmente relativa –muy en la línea de la teoría de la relatividad de Einstein-. Es exactamente la lógica de la relevancia la que pone de manifiesto que no existe una lógica única de una verdad (*the One True Logic does not exist*), algo que es válido, por lo demás, también para o a partir de la lógica modal. Gracias a la lógica de la relevancia aprendemos que la implicación (*implication*) es más débil que la consecuencia fuerte (*entailment*)[6]. Existe una discusión –no enteramente dirimida hasta la fecha- acerca de si la lógica de la relevancia forma parte o no de las lógicas paraconsistentes. Omitimos aquí este tema.

La lógica intuicionista se inspira en la obra del filósofo y matemático L. E. Brouwer a partir de sus ideas acerca de la naturaleza de las matemáticas. La matemática es, de acuerdo con este autor, una actividad, antes que una teoría. Construimos objetos con nuestra mente, con lo cual, un objeto matemático cualquiera, tanto como una operación o relación matemáticas no tienen ninguna solidez en el mundo empírico, sino, tan sólo, en función del rigor interno de nuestra construcción. Un elemento importante es el reconocimiento explícito de que los fragmentos matemáticos son decidibles, pero la lógica predicativa intuicionista es indecidible.

La lógica epistémica tiene el mérito de que considera el conocimiento no solamente en términos individuales sino además, y muy significativamente, en términos sociales o colectivos, esto es, como el resultado de interacciones entre agentes en un grupo. El contraste con la lógica clásica no puede ser mayor. Lo que un agente sabe acerca del conocimiento o la ignorancia de otro agente es determinante para la propia comprensión del primer agente tanto como para sus acciones.

Las lógicas polivalentes se articulan en lógicas tri, tetra, penta, exa, y así hasta infinivalentes. Estas lógicas nacen al rechazar el principio de bivalencia de la lógica formal clásica que sostiene que una proposición es verdadera o falsa. Pero surgen igualmente al introducir otras conexiones funcionales de no verdad, y las más evidentes son las de modalidad; es decir, la posibilidad y la necesidad. La lógica trivalente, por ejemplo trabaja con tres valores: verdadero, falso e incierto o indeterminado. Los análisis acerca de vaguedad e inexactitud juegan un papel importante aquí. La semántica de las lógicas polivalentes no se restringe a la semántica de mundos posibles, y se abre a la semántica algebraica.

La lógica cuántica tiene como antecedente o fundamento la mecánica cuántica. Esta es la más radical de todas las críticas al lenguaje binario, booleano, de la lógica formal clásica. Adopta dos formas principales: la lógica cuántica abstracta (también llamada ortomodular) y la lógica cuántica concreta (llamada también de Hilbert) (Engesser *et al*. 2009). El problema básico consiste en estudiar si lo que sabemos del

[6] Existe en inglés una distinción que es difícil de traducir al español. Se trata de las diferencias entre *imply – implication*, *entail – entailment*, y *infer – inference.* En español sólo tenemos implicación e inferencia.

universo microscópico se corresponde o no y cómo con lo que sabemos del universo macroscópico. La lógica cuántica es a todas luces una lógica no-monotónica.

La lógica de fábrica se emparenta con la lógica cuántica y también con programación. Abarca desde la fábrica de significado hasta la fábrica de la realidad o de la sociedad. Cubre temas combinatorios y hace referencia esencialmente a los bloques lógicos con los que justamente construimos significados.

La lógica difusa es la única que ha logrado ser ampliamente implementada en términos tecnológicos, pues es la base lógica de todas las nuevas tecnologías. Este hecho permite un amplio optimismo con respecto a las implementaciones prácticas de las demás lógicas no-clásicas.

Finalmente, en el capítulo de la metateoría de la lógica –un capítulo apasionante que se ocupa de los modos como puede ser efectivamente posible una teoría científica y/o lógica contemporánea- las LNCs ponen al descubierto el hecho de que son efectivamente posibles distintas clases de teoría, así: teorías consistentes, teorías inconsistentes, teorías paraconsistentes, teorías subdeterminadas (Peña, 1993; Urquhart, 2007; Wolenski, 2007).

Una presentación sucinta de las teorías científicas adopta, a mi modo de ver, la siguiente expresión:

{teorías subdeterminadas{teorías paraconsistentes{teorías inconsistentes{teorías consistentes }}}}

Y de manera formal:

{ts{tp{ti{tc}}}}

El bucle se cierra del lado de las teorías consistentes. En general, una teoría se dice que es consistente cuando se pueden aún *hacer* cosas con ella, pero no se le puede hacer decir más de lo que ya ha dicho; es decir, su capacidad de explicación ya está cerrada, o agotada.

Debe quedar aquí de lado, por razones de espacio, la caracterización de cada una de estas teorías.

En este mismo plano, es fundamental atender a las distinciones entre lo trivial y lo no-trivial de una teoría, una explicación o una proposición. La Tabla 2 suministra un esquema de criterios para distinguir lo trivial de lo no-trivial. El valor de esta tabla es puramente indicativo, y no pretende aquí ser exhaustiva.

TRIVIAL	NO-TRIVIAL
Proposiciones o afirmaciones universales. Extensionales, justamente	Afirmaciones o proposiciones particulares o singulares
Implicaciones directas	Implicaciones indirectas, paralelas, libres y otras semejantes
Herramientas de uso común	Creación de nuevas herramientas y aproximaciones

Tabla 3.2. Relaciones entre principios triviales y no-triviales.

5. Lógica, tecnología, mundo

La complejidad implica, manifiestamente, una filosofía del movimiento, a saber: no ya el movimiento lineal, cíclico, periódico, regular y controlado que es el que caracteriza precisamente a la mecánica clásica, desde Galileo hasta Newton. Por el contrario, el tipo de movimiento que concierne a la complejidad son los movimientos súbitos, inesperados, no predecibles, incontrolables e irreversibles. Estos movimientos se expresan en el lenguaje de las ciencias de la complejidad como caos, catástrofes, equilibrios puntuados, redes libres de escala, leyes de potencia, y otros semejantes.

Mientras que la lógica formal clásica se corresponde con un mundo lineal –causal, por tanto-, jerárquico, centralizado, rígido y cerrado o aislado –si no de forma abierta sí de modo implícito-, las LNCs corresponden al desarrollo de las nuevas tecnologías, así: inicialmente, las tecnologías TICs (tecnologías de la información y la comunicación)[7] y luego igual y más radicalmente, las tecnologías NBICs -esto es, las nanotecnologías, la biotecnología, las tecnologías de la información, y las tecnologías aplicadas a procesos cognitivos-[8], o tecnologías convergentes. A estas últimas hay que agregar la dimensión social de la tecnología.

6. Los rasgos de la complejidad

Con seguridad, uno de los rasgos específicos de los sistemas complejos es el hecho de que están (por lo menos parcialmente) marcados por incertidumbre. Huynh *et al*. (2008) han llamado expresamente la atención acerca de la conveniencia de combinar análisis de incertidumbre conjuntamente con las lógicas no-clásicas.

La complejidad no es un objeto o un campo de estudio. Por el contrario, es el título que comprende una serie de problemas de máxima importancia, envergadura y alcance (Maldonado, 2009). El estudio sistemático de la complejidad da lugar a las ciencias de la complejidad.

Paralela, pero independientemente de la noción de pluralismo lógico, en biología en general y en la filosofía de la biología en particular, la noción de pluralismo juega un papel fundamental (Mitchell, 2003). Dicho brevemente, en palabras de Mitchell, "el pluralismo refleja complejidad", y el pluralismo no es tanto de variedad de explicaciones cuanto que un pluralismo integrativo. En otras palabras, se trata del

---

[7] Las TICs son el resultado del surgimiento y desarrollo de internet, los GPS, las redes inalámbricas, la microrobótica, la fibra óptica, la nanotecnología y los sistemas micro-electromecánicos (*MEMS*, en inglés), principalmente. Véase, por lo demás, McNeill y Freiberger 1993.
Hay que decir que, en rigor, que las LNCs *se corresponden* con las nuevas tecnologías, pero no pretendo establecer ninguna relación de causalidad o de dependencia.

[8] En contraste con las TICs, las tecnologías convergentes se fundan particularmente en la capacidad de *procesamiento* de información y de comunicación. De esta forma, la mirada gira de la mera acumulación e interpretación de datos e información, hacia la transformación de la información y del conocimiento por parte de sí mismos. Exactamente en este sentido el fundamento de estas tecnologías son los sistemas vivos en general y la tecnología –como la ciencia- se da a la tarea no ya de conocer el mundo y la naturaleza sino, mejor aún, de crear una nueva (o segunda) naturaleza.

reconocimiento y el trabajo mismos con la diversidad de la contingencia. Precisamente por ello aparecen y son necesarias diversas explicaciones, metodologías, técnicas y enfoques – que es lo que caracteriza, en general, a la ciencia y a la lógica contemporáneas.

Cada época, se ha dicho, posee su propia metáfora. Pues bien, la metáfora de la ciencia contemporánea en general, y a fortiori de las ciencias de la complejidad, procede de la biología y la ecología. En verdad, los sistemas de máxima complejidad conocida –en cualquier acepción de la palabra- son los sistemas vivos. La naturaleza en general opera en paralelo, se caracteriza por pluralidad (diversidad, exactamente)[9], y el modo de trabajo es la abducción. Hay que decirlo: la diversidad es tanto el resultado de contingencias como la generación misma de contingencias en los sistemas vivos, en la evolución a todos los niveles de la naturaleza y la sociedad.

Las ciencias de la complejidad no parten de una definición de complejidad sino, mejor aún, a partir de la identificación de una serie de propiedades que exhiben los sistemas, fenómenos y comportamientos que no pueden ser ya comprendidos o estudiados como sistemas clásicos. Las propiedades o atributos más generalmente reconocidos son: emergencia, no-linealidad, autoorganización, sistemas abiertos, fluctuaciones, turbulencias, incertidumbre, pluralidad irreductible, en fin, complejidad creciente, ausencia de jerarquías rígidas, no centralidad, adaptación, no determinismo (o indeterminación), dinámicas no-lineales.

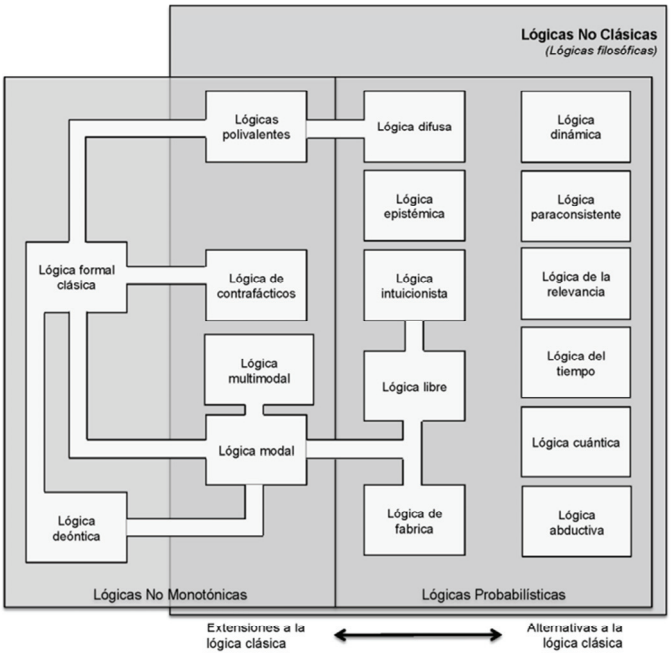


Figura 3.1. Relación entre la lógica formal clásica y lógicas no-clásicas.

[9] La diversidad de la vida se dice de tres maneras pero es una sola: diversidad biológica o natural, genética y cultural. Los países que tienen los tres tipos de diversidad se dicen megadiversos (*hotspots*).

La Figura 1 ilustra la idea central según la cual una vez que se hubo constituido como ciencia, la lógica formal clásica permite desde sí misma algunos vasos comunicantes con lógicas no-clásicas. Con seguridad, los nexos más próximos y fuertes son con la lógica deóntica, la lógica modal y la lógica de contrafácticos[10]. En cualquier caso, las lógicas no-clásicas se dividen entre las que son extensiones de la lógica formal clásica y aquellas que son alternativas a la misma. Este gráfico no incluye todas y cada una de las lógicas no-clásicas tratadas en este texto, pues sólo quiere dar una idea general acerca de un territorio. Este territorio, sostenemos, puede contribuir de manera significativa, como es efectivamente el caso expresamente con varias de las LNCs, a pensar la complejidad.

En la Figura 1, las que aparecen en azul son extensiones y no constituyen rupturas fuertes con la lógica clásica, aunque sí introducen nuevos elementos a la vez que toman distancias del modo canónico de trabajo en la lógica clásica. Las lógicas que aparecen en naranja/café constituyen alternativas a la lógica clásica. Son ellas las lógicas filosóficas propiamente dichas.

Es maravilloso observar que las LNCs se desarrollan particularmente a partir de 1950s y continúan naciendo y desarrollándose hasta le fecha. Basta mirar a la bibliografía especializada para hacerse a una idea acerca de los lugares, autores, países y circunstancias que han dado lugar a estas lógicas. Así, se trata de un continente de trabajo por explorar promisorio, amplio y rico.

7. A manera de conclusión

Las ciencias de la complejidad pueden contar con la ayuda de las lógicas no-clásicas, análogamente a como han contado con la contribución del caos, la teoría de catástrofes, la termodinámica del no-equilibrio, los fractales o la ciencia de redes. En este sentido, cabe decir que las lógicas no-clásicas constituyen una de las ciencias de la complejidad.

Esta afirmación, sin embargo, pudiera generar algún resquemor debido a que podría interpretarse como una cierta pérdida de estatuto (epistemológico) propio de las LNCs. No se trata, en absoluto, de que las LNCs formen parte de las ciencias de la complejidad a la manera como, al decir de Aristóteles y de la tradición aristotélica, la lógica era concebida como un *organon* del conocimiento. No solamente aquella era lógica al servicio de la metafísica –supuesta la "contribución" de Andrónico de Rodas-, sino que, a la postre, la lógica misma abandonó los dominios de la metafísica y se hizo ciencia: fue la lógica formal clásica.

Que las LNCs formen parte de las ciencias de la complejidad no menoscaba, para nada, su independencia y ciudadanía; su "mayoría de edad", digamos, a la manera de Kant. Pero sí indica la dirección en la cual miran y/o pueden mirar las LNCs, a saber: en la dirección de una magnífica revolución científica (Kuhn) y cultural.

[10] En este texto se ha hecho deliberadamente omisión a la lógica de contrafácticos que no es, strictu sensu, una lógica no-clásica.

En síntesis: no solamente es posible pensar, estudiar, comprender y explicar la complejidad con la ayuda de las lógicas no-clásicas. Mejor aún, cabe pensar plausiblemente, que el abanico (*cluster*) de las LNCs entran a formar parte de las ciencias de la complejidad; lo cual no es poca cosa[11].

El lenguaje de las ciencias de la complejidad está fuertemente permeado por la física, las matemáticas, la biología, la química y las ciencias de la computación, si bien es cierto que existen numerosos conceptos provenientes, cada vez más, de la filosofía y las ciencias sociales y humanas. El diálogo –es una metáfora- entre ciencias de la complejidad y las lógicas no-clásicas permitirá dos cosas: de un lado, la incorporación del lenguaje de las LNCs en el estudio de la complejidad y, de otra parte, el aprendizaje de lenguajes de la complejidad en el ámbito de la lógica en general.

Finalmente, hay que decir que las lógicas no-clásicas también son lógicas formales, y la formalidad hace referencia al rigor –rigor sintáctico, semántico, conceptual-. De forma positiva han llegado a ser reconocidas igualmente como lógicas filosóficas, puesto que los problemas de que se ocupan son esencialmente filosóficos, en el más preciso sentido de la palabra "filosofía". Esta es, por lo demás, otra de las vinculaciones sólidas con la complejidad. Al fin y al cabo, las ciencias de la complejidad se ha dicho que se ocupan de los problemas filosóficos que la ciencia clásica no vio o no podía o sabía atender. Con lo cual, justamente, se produce un quiebre; para decirlo en términos de Kuhn o de Serres, una revolución, una bifurcación.

Bibliografía

Alchourrón, C. E., Méndez, J. M., Orayen, R., (Eds.). 1995. *Lógica*. Madrid: Trotta-CSIC

Aguzzoli, S., Ciabattoni, A., Gerla, B., Corrado M., Marra, V., (Eds.). 2007. *Algebraic and Proof-Theoretic Aspects of Non-classical Logics. Papers in Honor of Daniele Mundici on the Occasion of His 60th Birthday*. Springer Verlag

Arló Acosta, H. 2005. "Non-Adjunctive Inference and Classical Modalities", en: *Journal of Philosophical Logic* 34: 581-605

Barry Cooper, S., Löwe, B., Sorbi, A., (Eds.), (2008). *New Computational Paradigms. Changing Conceptions of What is Computable*. New York: Springer Verlag

Beal, J. C., and Restall, G. 2006. *Logical Pluralism*. Oxford: Clarendon Press

Bobenrieth, A. 1996. *Inconsistencias ¿Por qué no? Un estudio filosófico sobre la lógica paraconsistente*. Bogotá: Colcultura

Bochenski, I. M., (1985). *Historia de la lógica formal*. Madrid: Gredos

Bonnay, D., et Cozic, M., (Textes réunis par), (2009). *Philosophie de la Logique. Conséquence, preuve et vérité*. Paris: J. Vrin

Calabrese, P. G. 2005. "Toward a More Natural Expression of Quantum Logic with Boolean Fractions", en: *Journal of Philosophical Logic* 34: 363-401

Carlson, J., Jaffe, A., and Wiles, A., (Eds.), (2006). *The Millenium Prize Problems*. Providence, RI: American Mathematical Society

[11] La *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, con R. A. Meyers como Editorin-Chief, New York, Springer Verlag, 2009, no considera en ninguna parte de los diez tomos y numerosas entradas, no digamos la inclusión de las LNCs en las ciencias de la complejidad, ni tampoco, más moderadamente, la posibilidad de un diálogo abierto, cruzado y mutuamente nutritivo entre complejidad y lógica (= LNCs). He aquí un motivo adicional para el estudio que precede.

Carnielli, W., Coniglio, M., *Gabbay, D. M.,* Gouveia, P., Sernadas, C. 2008. *Analysis and Synthesis of Logics. How to Cut and Paste Reasoning Systems*. Springer Verlag

Cook, S., Nguyen, P., (2010). *Logical Foundations of Proof Complexity*. Cambridge: Cambridge University Press

D´Avila Garcez, A. S., Lamb, L. C., Gabbay, D. M., (2009). *Neural Symbolic* Cognitive Reasoning. Heidelberg: Springer Verlag

D´Ottaviano, I., (2010). "Non-Classical Logics and Applications", en: Maldonado, C. E., (Ed.), *Fronteras de la ciencia y complejidad*, págs. 79-98

Engesser, K., Gabbay, D. M., Lehmann, D., (Eds.), (2009). *Handbook of Quantum Logic and Quantum Structures*. *Quantum Logic*. Elsevier

Gabbay, D. M., Shetman, V., and Skvortsov, D., (2009). *Quantification in Nonclassical Logic*. Vol. 1. Elsevier

Gabbay, D. M., and Woods, J., (Eds.). 2007. *Handbook of the History of Logic. Volume 8 The Many Valued and Nonmonotonic Turn in Logic*: Elsevier/North Holland

Gabbay, D. M., Goncharov, S. S., and Zakharyaschev, M., (Eds.), (2006). *Mathematical Problems from Applied Logic I. Logics for the XXIst Century*. New York: Springer Verlag

Gabbay, D. M., Maksimova, L., (2005). *Interpolation and Definability. Modal and Intuitionistic Logics*. Oxford: Clarendon Press

Gardies, J.L. 1979. *Lógica del tiempo*. Madrid: Paraninfo

Garson, J. W. 2006. *Modal Logic for Philosophers*. Cambridge: Cambridge University Press

Goble, L., (Ed.). 2005. *The Blackwell Guide to Philosophical Logic*. Blackwell Publishing

Haack, S. 1991. *Filosofía de las lógicas*. Madrid: Cátedra

Haack, S. 1996. *Deviant Logic, Fuzzy Logic. Beyond the Formalism*. Chicado and London: The University of Chicago Press

Hanna, R. 2006. *Rationality and Logic*. Cambridge, M. A./London: The PIT Press

Harel, D., Kozen, D., Tiuryn J., (2000). *Dynamic Logic*. Cambridge, MA and London: The MIT Press

Hedman, S., (2004). *A First Course in Logic. An Introduction to Model Theory, Proof Theory, Computability, and Complexity*. Oxford: Oxford University Press

Herrick, P. 2000. *The Many Worlds of Logic*. Harcourt Brace & Co.

Hintikka, J. 2007. *Socratic Epistemology. Explorations of Knowledge-Seeking by Questioning*. Cambridge: Cambridge University Press

Hintikka, J., and Sandu, G. 1996. "A Revolution in Logic?", *Nordic Journal of Philosophical Logic*, Vol. 1, No. 2, pp. 169–183

Huynh, V.-N., Nakamori, Y., Ono, H., Lawry, J., Kreinovich, V., Nguyen, H. T., (Eds.), (2008). *Interval/Probabilistic Uncertainty and Non-classical Logics*. Berlin: Springer Verlag

Jacquette, D., (Ed.). 2006. *A Companion to Philosophical Logic*. Blackwell Publishing

Kaye, R., (2007). *The Mathematics of Logic. A Guide to Completeness and their Applications*. Cambridge: Cambridge University Press

Kneale, W., and Kneale, M., (1984). *The Development of Logic*. Oxford: Clarendon Press

Kneebon, G. T., (2001). *Mathematical Logic and the Foundations of Mathematics*. New York: Dover

Kyburg, Jr., H. E., and Teng, Ch. M. 2001. *Uncertain Inference*. Cambridge: Cambridge University Press

Maldonado, C. E., (Ed.), (2010). *Fronteras de la ciencia y complejidad*. Bogotá: Ed. Universidad del Rosario

Maldonado, C. E., (2009). "La complejidad es un problema, no una cosmovisión", en: *UCM Revista de Investigación*, No 13, Mayo, págs. 42-54

Mares, E. D., (2007). *Relevant Logic. A Philosophical Application*. Cambridge: Cambridge University Press

McNeill, D., and P. Freiberger, (1993). *Fuzzy Logic. The Revolutionary Computer Technology That Is Changing Our World*. New York: Touchstone

Mitchell, S. 2003. *Biological Complexity and Integrative Pluralism*. Cambridge: Cambridge University

Nagel, T. 1974. *La lógica sin metafísica*. Madrid: Tecnos

Nidditch, P. H. 1983. *El desarrollo de la lógica matemática*. Madrid: Cátedra

Palau, G., (2002). *Introducción filosófica a las lógicas no clásicas*. Buenos Aires: Gedisa-UBA

Peña. L., (1993). *Introducción a las lógicas no clásicas*. México: UNAM

Priest, G. 2008. *An Introduction to Non-Classical Logic* (2nd Edition). Cambridge: Cambridge University

Prior, A. N., (2003). *Papers on Time and Tense*. Oxford: Oxford University Press

Proudfoot, D. 2006. "Possible Worlds Semantics and Fiction", en: *Journal of Philosophical Logic* 35: 9-40

Rosenberg, A. L., (2010). *The Pillars of Cmutation Theory. State, Encoding, Nondeterminism*. New York: Springer Verlag

Quine, W. V. 1984. *Filosofía de la lógica*. Madrid: Alianza Editorial

Quine, W. V. 1992. *La búsqueda de la verdad*. Barcelona: Crítica

Smith, N. J., J. 2004. "Vagueness and Blurry Sets", en: *Journal of Philosophical Logic* 33: 165-235

Syropoulos, A., (2008). *Hypercomputation. Computing Beyond the Church-Turing Barrier*. New York: Springer Verlag

Tarski, A., (1961). *Introduction to Logic and the Methodology of Deductive Sciences*. New York: Dover

Urqhart, A., (2007). "Metatheory", en: D. Jaquette, *A Companion to Philosophical Logic*, págs. 307- 318

Van Benthem, J., (2006). "Open Problems of Logical Dynamics", en: Gabbay, D. M., Goncharov, S. S., and Zakharyaschev, M., (Eds.), (2006). *Mathematical Problems from Applied Logic I. Logics for the XXIst Century*, págs. 137-192

Van Benthem, J., (2008). "Logical dynamics meets logical pluralism?", *Australasian Journal of Logic* (6), 182-209

Van Heijenoort, J., 1967. *From Frege to Gödel. A Source Book in Mathematical Logic, 1879-1931*. Cambridge, MA/London: Harvard University Press

Weinstein, S., (2007). "Logic in Finite Structures: Definability, Complexity, and Randomness", in: D. Jacquette, *A Companion to Philosophical Logic*, págs. 332-348

Wolenski, J., (2007). "Metatheory of Logics and the Characterization Problem", en: D. Jaquette, *A Companion to Philosophical Logic*, págs. 319-331

CAPÍTULO IV

Redes sociales: la prioridad hermenéutica de la pregunta y la prisión del lenguaje

Carlos Reynoso*

[La novedad esencial del estructuralismo consistía en] introducir en las ciencias sociales el método estructural o, más simplemente, el modo de pensamiento relacional que, en ruptura con el modo de pensamiento sustancialista, lleva a caracterizar todo elemento por las relaciones con lo unen a los otros en un sistema del que obtiene su sentido y su función.

Pierre Bourdieu (2007: 13)

Contra todas las formas del monismo metodológico que conlleva aseverar la prioridad ontológica de la estructura o el agente, del sistema o el actor, de lo colectivo o lo individual, Bourdieu afirma la primacía de las relaciones. Desde su perspectiva, tales alternativas [monistas] reflejan la percepción de la realidad social sostenida por el sentido común, de la cual la sociología debe desembarazarse. Esta percepción se asienta en el lenguaje mismo que utilizamos, el cual "es más adecuado para expresar cosas que relaciones, estados que procesos".

Pierre Bourdieu (1982:35)

1. Justificación

El objetivo de esta presentación es formular un planteo crítico respecto de una modalidad de uso de modelos de redes sociales de alta complejidad en la investigación antropológica contemporánea que con el correr de los años se ha convertido en la forma que se da por sentada, particularmente en España, Portugal y América Latina[1].

* Profesor Titular, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: billyreyno@hotmail.com

[1] Contrástense los artículos publicados en la Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales y en la revista REDES (http://revista-redes.rediris.es/ y http://www.redes-sociales.net/) con los de la escuela de redes de la Notre Dame University en Indiana (http://nwb.cns.iu.edu/pub.html).

No es una crítica en el estilo clásico, sin embargo. Lejos de condenar el trazado de redes como un fin en sí mismo, o de impugnar la búsqueda de correspondencias entre magnitudes que surgen del cálculo y conceptos "sensibilizadores" de la antropología convencional, o de distraerme en la crónica de otras perversiones usuales del método, lo que pretendo cuestionar aquí es el hábito de reduplicar mediante las redes, su topología y sus álgebras concomitantes lo que ya sabemos o hemos aprendido a intuir por otros medios, el lenguaje natural en primer lugar. Las más de las veces estas reduplicaciones se realizan con la esperanza de que las imágenes, las matrices o el cálculo de cualesquiera factores estadísticos aporten inevitablemente, por una oscura razón de consonancia natural, alguna clase de *insight* definitorio. Es una vana esperanza, como se verá, y no sólo porque el nuevo régimen sensorial sea redundante o porque el mapeado entre el modelo y lo real resulte incierto. Lo palpable es que en el transcurso de una historia accidentada el análisis de redes en general y de redes sociales en particular tendió a olvidar la lección fundamental que nos ofreció Leonard Euler cuando inauguraba la teoría de grafos, esto es, plantear el problema en un adecuado nivel de generalidad y abstracción: un acto de reflexividad, de desnaturalización del conocimiento y de aplicación de una mirada distante que constituye acaso la razón de ser de la antropología.

2. Ley de potencia: La reformulación pendiente

Hacia fines del siglo XX el estudio de las estructuras en red de la World Wide Web y la Internet demostró de manera dramática que las diversas configuraciones estadísticas que les eran propias no respondían al modelo de las distribuciones normales sino que se ajustaban a leyes de potencia (Barabási 2002; Reynoso 2011). La ley de potencia (en lo sucesivo LP), similar a las viejas leyes de Pareto y de Zipf, difiere de las distribuciones normales, gaussianas y afines tanto como es posible que dos objetos matemáticos difieran, cualitativa y cuantitativamente (Figura 1). Al ser la LP una distribución en la que no es ni útil ni posible definir medias o promedios, en la que no existe un valor que pueda reputarse "normal" (intermedio más o menos exacto entre los valores extremos) y a la que no puede llegarse ni representarse adecuadamente mediante operaciones de muestreo, gran parte de las estadísticas convencionales no le son aplicables.

De cara a las ciencias sociales, las diferencias entre una y otra clase de distribuciones distan de ser triviales. La distribución normal, que se presenta en dominios tales como las estaturas de las personas (o más dudosamente, la medición del coeficiente de inteligencia) permite predecir cuántas mediciones estarán en las proximidades de lo normal, lo cual se encuentra aproximadamente en la región central de la distancia que media entre los valores extremos y en las cercanías de los valores de la media y el promedio. La ley de potencia, por el contrario, exhibe un patrón "fractal" tal que existirá un número muy pequeño de ejemplares en un extremo de los valores posibles y un número extremadamente grande en el otro. Si esta ley caracteriza (como

lo demostró Pareto) la cantidad de personas que tienen una cierta cantidad de dinero, es obvio que no podrá nunca hablarse de una fortuna "normal" o "promedio". Mientras una estatura normal se puede predecir sumando el valor máximo y el mínimo y dividiendo por dos, es obvio que la cantidad promedio de dinero que posee una persona no se obtiene sumando las fortunas del más rico y del más pobre y practicando luego esa misma división. Mientras que en una distribución normal la diferencia entre los valores extremos es del orden de las 6 desviaciones, en una ley de potencia las diferencias entre (digamos) las cantidades de dinero que pueden poseer los individuos está en el orden de los miles de millones de veces.

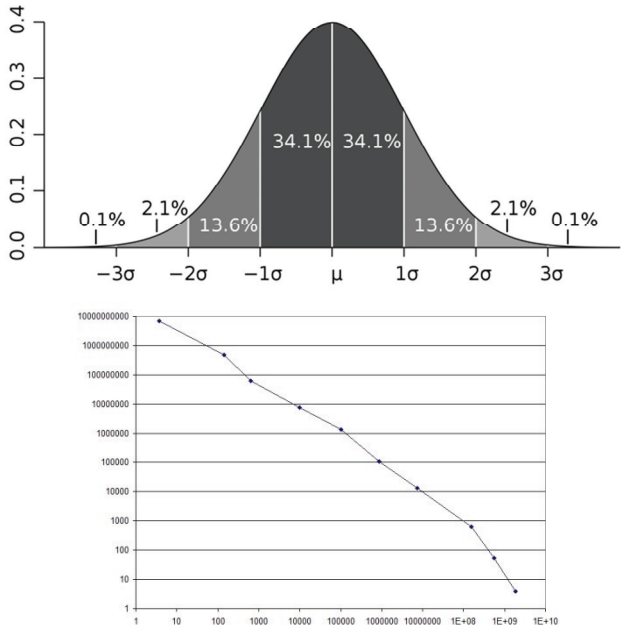


Figura 4.1. Distribución normal (arriba) y ley de potencia (abajo).

Hoy en día se sabe que en la vida social, política, medicinal y económica (así como en la naturaleza) los patrones distribucionales tienden mucho más a distribuciones de la clase LP que a la normalidad. La LP describe, entre otras cosas, cuánta gente hay en una sociedad que posee qué cantidad de dinero, cuántos artistas de las industrias culturales venden qué número de libros o de grabaciones de música, cuántos textos cientificos son leídos por qué cantidad de lectores, cuántas guerras o actos de violencia hay con qué número de víctimas fatales, cuántas manifestaciones multitudinarias con qué cifra de concurrentes, cuántos seguidores responden a cuántos líderes políticos, cuántos sitios de la Web reciben qué cantidad de visitas, o cuántas personas interactúan (o influyen, o contagian) a cuántas otras. La LP describe también cuántas ciudades hay con cuántos habitantes, cuántas calles hay en una ciudad de qué longitud, cuántos países con qué volumen de comercio internacional (o con qué presupuesto de armamento, educación o salud), y hasta cuántos terremotos, tormentas o tsunamis hay de qué intensidad. Las distribuciones que se caracterizan por una LP

poseen además otras propiedades que por desdicha no pueden tratarse en este ensayo pero que son de una relevancia social y antropológica suprema: el principio de los mundos pequeños (o los seis grados de separación), el principio de San Mateo, un alto coeficiente de *clustering*, multifractalidad (Reynoso 2011a).

El problema que deseo poner en foco en este ensayo tiene que ver con el hecho de que si bien el descubrimiento de la vigencia de la LP en la mayor parte de los fenómenos y procesos sociales y culturales ha sido plenamente reconocido, las ciencias humanas en general y el análisis de redes sociales en particular siguen llevando adelante su negocio sin tomar cabalmente en cuenta el nuevo estado de cosas. No se han cambiado correspondientemente ni los diseños investigativos ni las herramientas de *software*, que siguen aplicándose como si la distribución normal siguiera siendo, como lo fue hasta hace poco, la madre de todas las leyes.

En ningún lugar esto es más evidente que en el uso continuado y acrítico del manual por antonomasia del análisis de redes sociales (ARS de aquí en más), el tratado de Wasserman y Faust (1994), libro de cabecera de la mayor parte de los analistas de redes en Iberoamérica. Respecto de él he escrito recientemente:

> Cuatro o cinco años después de editado ese manual considerado pináculo en su género se descubrió que las redes de la vida real no exhiben las propiedades estadísticas que Wasserman y Faust dan por sentadas. No son pocos los cálculos que propone este tratado que deberían plantearse ahora de otra manera; lo mismo se aplica a diversos supuestos metodológicos (distribuciones de Bernoulli, muestreo, monotonía) y a las correspondientes estrategias de modelado y visualización. Aquí y allá el texto de Wasserman-Faust habla (con formuleo denso pero escasa precisión) de modelado estadístico y pruebas de significancia sin reconocer que estas técnicas de *statistical testing* (englobadas en la sigla NHST) hace mucho se saben problemáticas (véase p. ej. Berkson 1938; Rozeboom 1960; Bakan 1966; Meehl 1967; Morrison y Henkel 1970; Carver 1978; Carver 1993; Gigerenzer 1993; Cohen 1994; Falk y Greenbaum 1995; Harlow, Mulaik y Steiger 1997; Hunter 1997; Shrout 1997; Daniel 1998; Feinstein 1998; Krueger 2001; Haller y Krauss 2002; Gigerenzer 2004; Armstrong 2007a; 2007b; McCloskey y Zilliak 2008). Conceptos que se han vuelto fundamentales (la fuerza de los lazos débiles, los mundos pequeños, las transiciones de fase, la coloración de grafos y sus generalizaciones, la teoría de Ramsey, las cajas de Dirichlet, el principio de los *pigeonholes*, los grafos de intersección, de intervalo y de tolerancia, los grafos pesados, los árboles abarcadores mínimos, la tratabilidad, la percolación, la escala, la no-linealidad, las alternativas a la ley del semicírculo, la teoría extremal de grafos, la optimización combinatoria, el análisis espectral, las matrices

> laplacianas, la noción misma de vectores o de valores propios) no se tratan en absoluto o se despachan a la ligera. El texto, de apariencia extrañamente setentista, permanece anclado en una concepción estructural-estática de las redes que contrasta con la visión procesual-dinámica que hoy se cultiva en los principales centros de investigación. Lo más grave, consecuentemente, es que el libro consolidó una visión analítica de las redes sociales, sin interrogar a través de un modelado genuino los mecanismos que hacen a su accionar o la posibilidad de intervenir en ellas (Reynoso 2011a).

Aunque hay razones técnicas de peso para introducir más de un cambio drástico, la perspectiva estocastológica (como la llama Paul Meehl 1967), indiferenciable del paradigma de Mediocristán (como la bautiza el polémico Nassim Taleb 2007) son todavía dominantes, incluso en epistemologías que se precian por su ruptura con el pensamiento convencional (cf. Reynoso 2009). Los manuales siguen recomendando técnicas de muestreo que se saben incorrectas y sobre todo continúan dando por sentada la llamada prueba estadística de la hipótesis nula sobre la que he encontrado necesario escribir un artículo separado (Reynoso 2011b). La persistencia de los métodos estadísticos tradicionales (entroncados en los modelos de complejidad desorganizada) testimonia una interpretación del análisis de redes en su totalidad a mi juicio fallida, que ha obstaculizado y sigue obstaculizando el despliegue en plenitud de las potencialidades del método de cara a las problemáticas de la complejidad organizada.

Dicha persistencia admite una explicación: el modelo estadístico en general y el de la normalidad en particular satisfacen el sentido común, en la medida en que imponen al artificio de las redes una lógica discursiva analítica imbuida de empirismo y realismo representacional, según la cual los nodos de la red corresponden aristotélicamente a los elementos, las aristas mapean sobre acciones o relaciones entre ellos (a la larga expresables en el lenguaje como verbos) y las propiedades de los vínculos (usualmente el peso o el signo de las aristas) expresan cualidades o adjetivos de la relación. Hasta Pierre Bourdieu (2007:13), como es patente en el epígrafe que inicia este estudio, incurre cada tanto en este giro lingüístico de bajo vuelo.

Así planteado, el modelo que las redes y los grafos encarnan no es en sentido estricto un modelo matemático (por necesidad simbólico, abstracto y arbitrario) sino más bien una iconología que ilustra (en el sentido literal de la palabra) las relaciones que se dan objetivamente allí afuera y que son susceptibles de expresarse también en lengua natural y en el discurso narrativo de la cotidianeidad, como si los términos del lenguaje no fueran otra cosa que la nomenclatura de las cosas, y su sumatoria resultara en una especie de espejo de la realidad social concreta.

3. Reducción y abstracción

Frente a ello invito a pensar la teoría de grafos en ajuste con los niveles de abstracción que el problema requiere, considerando los grafos mismos como una notación entre muchas otras posibles, como signos contingentes de las relaciones estructurales que denotan (abstracciones de abstracciones) y no tanto ya como los dibujos analógicos que bosquejan la realidad de manera realista, por más reveladora que se muestre la dimensión visual en ciertos respectos.

No es casual que los mejores libros técnicos en ese campo prescindan de abundar en diagramas; por áridas que sean las consecuencias de esa decisión, ella permite que la imaginación se concentre en las inflexiones críticas del problema, liberándose de la camisa de fuerza de una representación que siempre será circunstancial, uno solo entre infinitos isomorfismos y analogías disponibles, algunos pocos de ellos esclarecedores, otros muchos decididamente no. Al cabo, la representación no debería ser mucho más que un artefacto pedagógico; los matemáticos, de hecho, no conciben primariamente los grafos como dibujos de línea y punto: "La gente considera útiles los dibujos (escribe Lawler 1976:20). Las computadoras no". "Es útil (llegan a conceder Bunke y otros 2007:32) representar los grafos con un diagrama". Útil, entonces, pero no primordial.

La abstracción no sólo consiste en actos de renuncia a la representación imaginaria, en la adopción de una resolución empobrecida o en la supresión de denotaciones del dominio empírico, sino que encuentra fuerzas insospechadas en el desplazamiento del foco y en la parcialización del problema. A diferencia de lo que pensaba Lévi-Strauss sobre el tratamiento del avunculado por Radcliffe-Brown, o de lo que sostenía Clifford Geertz a propósito de lo que fuere, el planteamiento de un problema no siempre se perfecciona agregando matices y elementos de juicio, atiborrando la representación con todo lo que es o podría llegar a ser relevante; más a menudo, como en la planarización de grafos, un problema imposible deviene tratable eliminando vínculos, dejando de lado (arbitrariamente, como no puede ser de otro modo) la consideración de las relaciones que desde ciertas perspectivas se comportan como árboles que encubren al bosque (Kant 1961:21-28).

Parecido a este procedimiento es la *reducción* de un problema complejo a otro cuya resolución se conoce. La clave de la reducción no radica en que mediante ella el problema se simplifique (pues muchas veces sucede lo opuesto) sino en que mediante ella se puede convertir un dilema de resolución incierta en otro cuyo resultado es conocido o cuya resolución se intuye viable. Esta técnica podría ilustrarse mediante una vieja parábola rusa muy apreciada por los teóricos de grafos, álgebras y programación lineal, y similar en su esencia a los mejores metálogos de la antropología:

> Un matemático le propuso a un físico: "Supongamos que tienes una tetera vacía y un mechero de gas apagado. ¿Cómo haces para hervir agua?". "Llenaría la tetera de agua, encendería el mechero y

> pondría la tetera sobre el fuego". "Correcto", dijo el matemático, "y ahora te propongo resolver otro problema. Supongamos que el gas está encendido y la tetera llena. ¿Cómo harías para hervir el agua?". "Eso es aun más simple. Pondría la tetera sobre la llama". "Erróneo", exclamó el matemático. "Lo que tienes que hacer es apagar el fuego y vaciar la tetera. Esto reduciría el problema al problema anterior". Esta es la razón por la cual cuando uno reduce un problema a otro ya resuelto, se dice que aplica el principio de la tetera (Vilenkin 1971:11 según Lawler 1976:13)

Hay algo de espíritu Zen en esta deliciosa paradoja en la que acaso radique la clave de los procedimientos de modelado en general; en lo que a mí respecta, no me explico cómo fue que Gregory Bateson dejó pasar la idea.

4. Respuestas huérfanas de pregunta

Concomitante a la prevalencia de un modelado irreflexivamente sujeto a las formulaciones discursivas de los problemas y al molde estrecho del pensamiento aleatorista y la distribución normal es la tendencia de las herramientas analíticas a proporcionar inmensas cantidades de "datos" estadísticos cuya relación con los conceptos disciplinares de la antropología o con patrones matemáticos o topológicos de interés no está clara en absoluto. Al pensamiento activo en la vida cotidiana no le cabe pensar que un objeto en apariencia simple esté preñado de tantísimos atributos, pero efectivamente es así. Cada vez con mayor frecuencia parecen presentarse pautas en el océano de datos o en el comportamiento diacrónico del objeto, o se encuentran medidas que acaso sean tipológica o estadísticamente significativas, para las cuales ni nuestros marcos de referencia han previsto nombres ni nuestras viejas teorías esperaban que llegaran a existir. Se trata de una bendición mixta, como se suele decir, pues no es posible ni afirmar ni negar de antemano que las muchas signaturas o valores numéricos, cualitativos o iconológicos que aquí y allá se ven covariando o bifurcándose de manera inesperada correspondan a nociones de relevancia sociocultural que convendría acuñar, o a patrones de comportamiento discursivamente referenciables a descubrirse alguna vez.

A lo que voy es a que en esta apoteosis de los resultados infinitos al alcance de los dedos los programas de mayor uso en la corriente principal suministran datos y hasta construyen modelos que carecen por completo de sentido en términos de redes complejas, proporcionando (por ejemplo) cifras tales como número promedio de aristas por nodo, o haciendo creer que el grado o la centralidad de un vértice es una medida directa de su importancia en el plano de la influencia social, de la conservación de la integridad del sistema o de lo que fuere. Cuando uno está tratando con redes pequeñas dichas cifras pueden alentar la ilusión de estar en presencia de un patrón descriptivo esencial; pero cuando se trata de redes mayores (la Web, pongamos por caso, o las redes a escala global) no hay que ser un matemático consumado para advertir la

inadecuación abismal de semejantes elementos de juicio. Ni hablar de los miles o decenas de miles de guarismos que los programas ortodoxos de ARS producen rutinariamente y con los que muchos analistas se dan por conformes, de los que se cree que contribuyen a la explicación del fenómeno que se les ponga por delante, o a los que se publica pensando ilusoriamente que cuando la ciencia progrese alguien más, algún día, sabrá qué hacer con ellos.

El hermeneuta Hans Gadamer (1977) sostenía que elementos de esta naturaleza no coadyuvan al conocimiento genuino; ningún dato lo hace, decía, en tanto no sea la respuesta a alguna pregunta. De más está decir que no se puede sino estar plenamente de acuerdo con esta postura: los datos que no surjan como contestación dialógica a una pregunta formulada no son información sino su parodia. Es con este exacto sentido paródico que Woody Allen escribió el epígrafe que decía: "La respuesta es *sí*, pero ¿cuál es la pregunta?". Una idea semejante aparece en la insólita *Hitchhiker's Guide to the Galaxy* de Douglas Adams (1979). Allí aprendemos que la respuesta definitiva es exactamente "42"; pero, por desdicha, cuál podría ser la pregunta es todavía materia de debate.

O por mucho me equivoco, o en la exégesis metodológica del ARS (sobre todo en la línea estadística de Wasserman y Faust [1994] y en la vanguardia exploratoria del análisis espectral) algunas veces se tocan los lindes de una hermenéutica parecida aunque con muchos más decimales de precisión. Ahora bien, estas respuestas huérfanas de pregunta no son privativas del tecnologismo en general o de las técnicas de redes en particular. A veces se las ve florecer en las obras escritas bajo el influjo de la descripción densa y en las investigaciones humanísticas más particularistas, las cuales comparten con las de los fundamentalistas de la cuantificación la idea de que cuanto más detalle se incluya en un estudio tanto mejor será. Tal ha sido el caso, por ejemplo, de las etnografías crepusculares de la musicóloga Frances Densmore, quien calculaba cifras para las que nunca nadie pudo imaginar algún uso (Reynoso 2006:33-38), o del análisis geoespacial y las estadísticas de GIS que yo mismo he llegado a practicar (Reynoso y Castro 1994).

5. Las prisiones del sentido común

A lo que voy es a que en las ciencias de la complejidad se sabe muy bien que la relación entre el planteamiento de los problemas y su representación contradice muchas veces los dictados del sentido común; en la comunidad antropológica, a pesar de sus ínfulas de autocrítica, este sentido suele ser extremada y sistemáticamente común. Lo más grave de esta situación es que el diagnóstico vale para un campo disciplinar todavía más amplio. He encontrado, en efecto, (y lo comprobé experimentalmente en diversos seminarios y reuniones académicas) que en la literatura técnica en general y en las matemáticas en particular el principio según el cual se diseñan los grafos difiere del que espontáneamente aplicaría un estudioso entrenado en ciencias sociales.

En un problema de circuitos o distribución urbana, éste intentaría, por ejemplo, representar las calles mediante aristas y las esquinas mediante vértices. Suena razonable, por cierto. Pero en este escenario específico la técnica de grafos deja la formulación del modelo en un estado peor al que se encontraba antes de aplicar el formalismo, causando que las esquinas devengan el lugar en el cual confluyen cuatro calles en vez de ser el sitio en que se cruzan dos.

En rigor ambas visiones (primal o dual, dos calles o cuatro) incurren en el estereotipo de creer que el carácter relacional del análisis de redes (o del estructuralismo sin más) consiste en enfatizar los vínculos que existen entre "cosas", como si la demarcación entre sustantivos, verbos y cualidades no fuera un efecto de un lenguaje que opera con amplio margen de arbitrariedad. Ya Brent Berlin y Paul Kay nos advertían, en 1969, que los colores son adjetivos en ciertas lenguas, pero sustantivos o verbos en algunas otras. Desde los días tempranos de la antropología cognitiva de la escuela componencial se sabe asimismo que muchos conceptos susceptibles de pensarse no están lexicalizados. Y así todo. Qué elementos sean entidades y qué otros califiquen como relaciones es, muy probablemente, una contingencia categorial: mala base entonces para interrogar en torno de ese tejido el conjunto de regularidades y singularidades estructurales de nuestro objeto, o para coordinar el planteo de un problema con sus mecanismos formales de resolución.

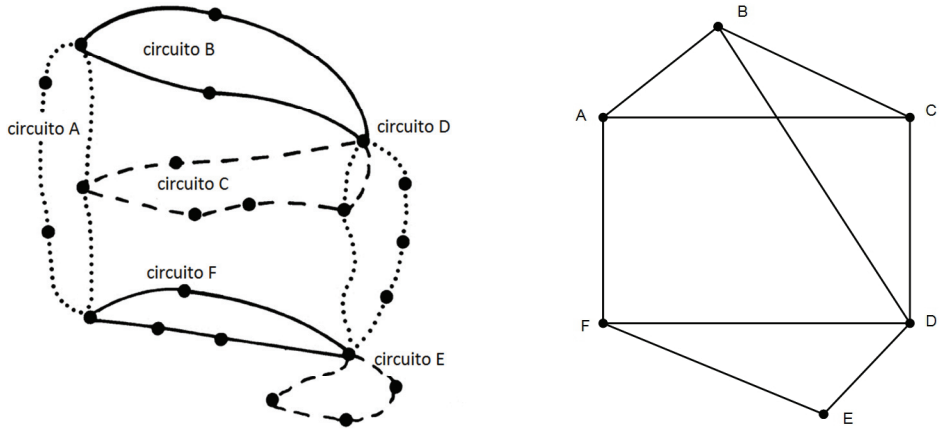


Figura 4.2. (Izquierda) Rutas de circuitos: ¿es posible programar los circuitos A y B en día 1, B y F en 2, C y F en 3? (Derecha) Grafo del tour: ¿Es el grafo *G* 3-coloreable? (Basado en Tucker 1973:589).

Los matemáticos (más emancipados que los antropólogos, sin duda, de la lógica de lo concreto y de las coacciones del lenguaje natural de las que hablaban Bourdieu y Wacquant [2008:40] sin haberse librado de ellas)[2] tienden a desarrollar el mapeado cognitivo de esta clase de planteos de un modo diferente, que nada tiene que ver con un

[2] Por ello es que estos autores permanecen en un plano discursivo cuando apelan a la noción de campo, la cual, a diferencia de lo que es el caso con la idea de red, es evidente que no está operacionalmente articulada.

mero cambio de acentos ontológicos, con elegir una clase sintáctica en lugar de otra, con creer que todo verbo expresa diacronía o con plantear el modelo de cualquier forma que pueda encapsularse en una cifra (Figura 2).

De la estrategia de los matemáticos no me maravilla tanto la firmeza de su rigor como la creatividad de su imaginación. ¿No es curioso que sean ellos, y no los antropólogos, quienes aplican como si les fueran congénitos el principio de la mirada distante, la búsqueda de la pauta que conecta y la premisa del saber reflexivo? Vaya este caso como evidencia:

> Dada una colección de circuitos [*tours*] de camiones de recolección de basura ¿es posible asignar cada circuito a un día de la semana (que no sea domingo), tal que si dos circuitos visitan un sitio en común lo hagan en diferentes días? [...] Para formular este problema en términos de teoría de grafos, si *G* es el grafo de circuito (el grafo cuyos vértices son los circuitos) y si existe una arista entre dos circuitos si y sólo si ellos visitan un sitio en común, el problema es equivalente al que sigue: ¿es posible asignar a cada vértice (circuito) uno de los seis colores (días), de modo tal que si dos circuitos se unen con una arista (visitan un sitio en común) obtienen colores diferentes? Esta pregunta deviene entonces: ¿es el grafo en cuestión 6-colorizable? (Roberts 1978:49).

Como antes dije, es seguro que un antropólogo habría pensado el grafo más bien como una red espacial primal o a lo sumo dual: puntos para las encrucijadas, líneas para las calles, o (en el extremo de su capacidad de abstracción) a la inversa. Pero he aquí que existe todo un universo de formalismos que tiene que ver con la coloración de grafos y que dada su productividad en un caso es aplicable a todos los otros casos que admitan la misma forma *algorítmica* de planteamiento.[3]

Enclaustrado en una confusión permanente de la topología y el álgebra (que aquí son relevantes) con las geometrías proyectivas que se experimenta en actitud natural (que aquí no lo son), el antropólogo procuraría también, imagino, extrapolar explícita o implícitamente la solución conocida a todo otro requerimiento con algún viso de similitud, pensando que el concepto de semejanza tiene algún asidero formal.[4] Quienes han trabajado en problemas inversos, sin embargo, saben que expresiones muy semejantes (o incluso idénticas) quizá pertenezcan a (o sean indicadoras de) lenguajes en extremo disímiles; en la teoría general de sistemas este principio se conocía como

[3] Históricamente, el mapa de los cuatro colores. Sobre coloración de grafos y sus posibles aplicaciones véase Ore (1967), Barnette (1983), Fritsch y Fritsch (1998), Molloy y Reed (2002), Marx (2004), Chartrand y Zhang (2009). En este contexto también es relevante el concepto de grafos perfectos, idea que no he de desarrollar por el momento

[4] La falacia que aquí se manifiesta trasunta la confusión entre una intuición de semejanza plausible y un isomorfismo estricto. Extrañamente, ningún texto de epistemología pone en guardia contra estos entimemas o desarrolla algún método para buscar y encontrar correspondencias formales genuinas. De más está decir que ni Claude Lévi-Strauss ni Pierre Bourdieu aportaron gran cosa a este último respecto, el cual implica a mi juicio un nudo esencial de las concepciones que hacen al método mismo

equifinalidad. La teoría de grafos ha aportado pruebas magistrales de este fenómeno, como ya se verá.

Un problema en apariencia tan parecido al que acabo de desarrollar como el barrido de una ciudad minimizando el tiempo necesario para llevarla a cabo no acostumbra resolverse por coloración sino mediante la noción de circuito euleriano cerrado. Para esto se requiere trazar el multidigrafo correspondiente a las calles de una ciudad en el cual (esta vez sí) los vértices representan esquinas y los arcos corresponden a los cordones de las veredas, los cuales deben ser recorridos en el mismo sentido. Omito aquí el procedimiento de resolución de este problema, bastante tedioso por cierto; lo esencial finca en su disparidad radical con el desarrollo antes descripto (cf. Liebling 1970; Tucker y Bodin 1976; Roberts 1978:67-70).

El siguiente problema de agenda, en cambio, vuelve a requerir técnicas cromáticas aun cuando no tenga asociado ningún parámetro de espacialidad:

> Cada miembro de un congreso o legislatura pertenece a diversas comisiones. Se debe programar la agenda semanal para las reuniones de comisión. ¿Cuántas sesiones de comisión se requieren? Para contestar esa pregunta, trazamos un grafo *G* con vértices para las comisiones y una arista entre dos comisiones si sus miembros se superponen (éste sería el grafo de intersección de las comisiones [...]). Deseamos asignar a cada vértice (comisión) un color (hora de encuentro) de modo que si hay dos vértices unidos por una arista (porque tienen miembros en común), obtienen diferentes horas. El menor número de horas de encuentro requeridas es el número cromático del grafo *G*. Un problema similar surge obviamente en la planificación de la agenda de exámenes finales en una universidad. Aquí las comisiones equivalen a las clases (Roberts 1978:50; cf. Marx 2004:11).

Pese a que existen demostraciones teoremáticas positivas para estos problemas de coloración en particular (Appel y Haken 1977; Appel, Haken y Koch 1977; cf. Tymoczko 1979), eventualmente la teoría de grafos debe complementarse con robustos algoritmos de optimización (algoritmo genético, algoritmo cultural, simulación de templado, colonia de hormigas, etc), dado que la mayor parte de los problemas inherentes a estos diseños en apariencia triviales (aun para circuitos con un número relativamente bajo de vértices) suelen ser NP-duros, NP-completos o intratables por medios convencionales, como lo son (aunque lo hayamos ignorado siempre) muchos de los problemas no necesariamente reticulares planteados en la antropología sociocultural[5].

[5] Sobre estas terminologías relativas a metaheurísticas y a cuestiones de dureza o imposibilidad de resolver problemas en tiempo pólinómico, véase Reynoso (2011: *passim*). Existen varios órdenes de tiempo requeridos para ejecutar la resolución de un algoritmo. El tiempo polinómico denota una complejidad algo mayor a la intermedia en una escala que va desde el tiempo constante hasta el doble exponencial, pasando por el tiempo logarítmico, el lineal, el cuadrático, el cúbico, [el polinómico], el exponencial y el factorial,

Las aplicaciones de esta combinatoria cromática son numerosas y al menos para nosotros, sorprendentes (Barnette 1983:7): un teorema que, engañosamente, resultó tener muy poco impacto en la práctica de la cartografía resultó ser esencial en múltiples esferas de la investigación operativa, el planeamiento, la manufactura y la gestión. Muchos procesos de interés antropológico que involucran distribución de elementos o servicios con alguna clase de requisitos o normativas de tiempo o secuencia, al ser isomorfos a problemas de coloración o etiquetado se saben extremadamente duros; pero lo son en un sentido muy preciso y definitivamente instrumental (Roberts 1978:2). Las técnicas cromáticas, a veces bajo la guisa de otros estilos de procedimiento (PERT, camino crítico, teoría de colas), subyacen a muchas de las aplicaciones de la investigación operativa. En la vida práctica éstas son cualquier cosa menos triviales o abstractas; los problemas de decisión, asignación y coordinación de recursos (con el mismo carácter de subyacencia) impregnan el diseño y la ejecución de diversos procesos de la experiencia cotidiana y la vida social.

No conviene al antropólogo que haya de trabajar en proyectos de planificación urbana o en modelos de estructura análoga ignorar el riesgo de la explosión combinatoria o desconocer los formalismos que se han inventado para hacerle frente. Tampoco conviene que ignore la situación inversa, pues mientras que algunos problemas que parecen sencillos (como el del vendedor viajero [TSP], el del ruteo de vehículos [VRP] o el del barrido de las calles) son de una dificultad inconmensurable, otros que lucen imposibles (metaheurísticas mediante) resultan muchas veces de fácil resolución. Pero ésto (la tratabilidad) será objeto de un estudio diferente.

Navegando a través de la literatura técnica de la especialidad se percibe que la teoría de redes sociales y la teoría de grafos han seguido caminos separados y que en esta última se han desarrollado elaboraciones aplicativas que convendrá explorar, como las que aquí hemos entrevisto. Aquélla, mientras tanto, ha seguido un rumbo ligado en demasía a un objeto peculiar, tornándose endogámica, oligopólica y poco reflexiva, más preocupada por establecer un canon de correspondencias entre las nuevas magnitudes y los viejos conceptos que en comprender euleriana o batesonianamente la naturaleza estructural de los problemas. Urge restituir entonces la familiaridad con la teoría de grafos, recuperando con ella una capacidad de abstracción y una actitud de diálogo transdisciplinario que tras casi cuarenta años de discurvidad extrema están en vías de parálisis. Por eso habrá más de estas indagaciones en el futuro.

Mientras tanto cumplo con afirmar que uno de los factores de sentido común que es necesario superar cuando de redes complejas se trata es contemplar la analítica mediante redes y grafos como un instrumento que permite simplificar un problema, ordenar una representación o tornarla más clara. Aunque no quisiera alentar la búsqueda metódica de la oscuridad representacional, la verdad es probablemente la

---

entre otros. Un tiempo constante se necesita para determinar, por ejemplo, si un número es par o impar. Un tiempo logarítmico se requiere para ejecutar una búsqueda binaria (p. ej. el juego de las veinte preguntas). El tiempo polinómico cubre en realidad un amplio rango de tiempos, tales como los implicados por las operaciones n, $n \log n$ o incluso n^{10} (van Leeuwen 1990: 67-162; Hopcroft, Motwani y Ullman 2001: 413-468; Sipser 2006: 247-302).

contraria. Lo cierto es que en toda problemática relacional el número y la configuración de las configuraciones posibles (el número de mapas que pueden trazarse de un mismo territorio, diría Bateson) son algo que se encuentra en las vecindades de lo infinito. Nadie supondría, por ejemplo, que los dos grafos de la Figura 3 son exactamente isomorfos, pero así es. Un programa que ejecutara cálculos en base a ellos proporcionaría los mismos resultados; del análisis de los mismos, de la reseña verbal o de la inspección visual de las matrices subyacentes no podría jamás inferirse la presencia latente del patrón "ordenado" de la derecha en la representación de la izquierda.

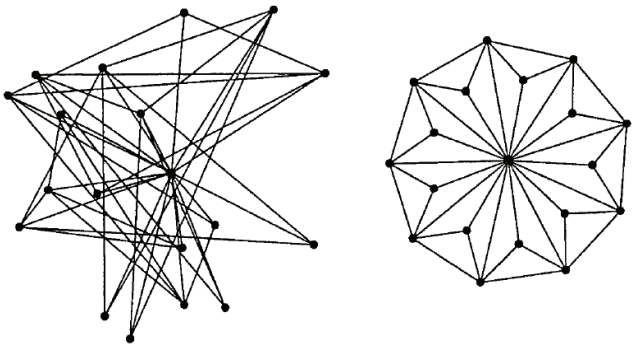


Figura 4.3. Grafos isomorfos – Basado en Davidson y Harel (1992:314).

El patrón a la derecha, a su vez, es engañosamente "simple"; al científico desprevenido le podría parecer que una vez que se obtiene una configuración semejante gran parte del trabajo analítico está encaminado, si es que no en vísperas de resolverse. Una vez más, no es así. Si algo ha revelado el campo combinatorio de la teoría de grafos es que la simplicidad es una ilusión, un efecto de superficie. Estructuras que resultan ser cuantitativamente escuetas (como el grafo de Petersen, representado en la Figura 4) esconden complejidades inimaginables. Con sólo 10 nodos y 15 vínculos, este último grafo, verbigracia, "una configuración notable que sirve como contraejemplo a muchas predicciones optimistas sobre lo que puede ser posible para los grafos en general", esconde nada menos que dos mil maneras posibles de unir todos los puntos que lo conforman (Knuth 2001: vol. 4, Pre Fasciculus 0A; Holton y Sheehan 1993). Sentado el punto, dejo a la imaginación del lector pensar hasta qué extremo los problemas de intervención en los asuntos sociales que afectan a un número mayor de elementos, cualidades y relaciones son harto más complejos que éste que acabo de esbozar.

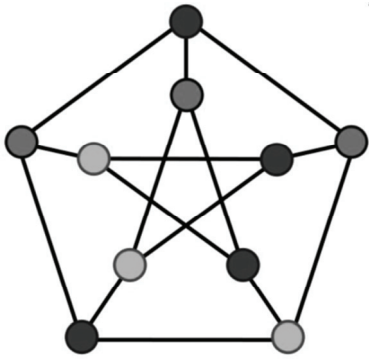


Figura 4.4. Grafo de Petersen (dominio público).
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Petersen_graph_3-coloring.svg

Ahora bien, la teoría de grafos es especialmente hábil en lo que atañe a establecer si ciertos procesos en apariencia simples son viables o si no lo son. Propongo este ejemplo trivial: en un grupo con nueve subgrupos (representados por nodos), si la premisa es que todos los subgrupos tienen que dar o recibir tres documentos (o –pensando en Lévi-Strauss– tres mujeres) hacia y desde cualesquiera otros, es imposible que cada miembro entregue y reciba documentos o mujeres de los mismos subgrupos. Para ello debería ser viable un grafo de grado 3 en cada uno de sus 9 vértices. Pero eso es imposible, dado que *todo* grafo con nodos de grado impar (sea cual fuere su configuración) posee un número par de vértices de dicho grado; o lo que es lo mismo, la suma de los grados de cualquier grafo siempre es un número par (West 2001:35-36).

Hay otras docenas de ejemplos de relaciones que parecen posibles a primera vista pero que la teoría combinatoria sabe impracticables y también viceversa. Éste es, verbigracia, un ejemplar famoso en el género: Supongamos que hay seis personas sentadas en el vestibulo de un hotel; hay que probar ya sea que tres de ellas se conocen entre sí, o que hay tres que no se conocen.

Aunque parezca absurdo, tal prueba es por completo superflua, lo cual se ha demostrado una vez más mediante el clásico procedimiento de coloración de grafos: cualquiera sea la relación existencial entre las personas, es inevitable que exista al menos una tríada de conocidos y/o una de perfectos desconocidos para un grafo de seis vértices. La prueba canónica (que no reproduciré aquí) es un caso de la llamada teoría de Ramsey, llamada así en homenaje a Frank Plumpton Ramsey [1903-1930], el primero en investigar este campo de la teoría de la enumeración a principios del siglo XX (Graham, Rothschild y Spencer 1990; Gardner 2001:437-454; Bóna 2006:287-288). La pregunta formulada en el problema de Ramsey es: ¿cuál es el número mínimo de elementos que debe tener un conjunto para que en él se presente un número *n* de

subconjuntos de *r,..., s* elementos?[6] Una manera más formal de presentar el teorema del cual se derivó la teoría es ésta:

> Siendo *S* un conjunto que contiene *N* elementos, y suponiendo que la familia *T* de todos los subconjuntos de *S* que contienen exactamente *r* elementos se divide en dos familias mutuamente excluyentes, α y β, y siendo $p \geq r$, $q \geq r$, $r \geq 1$. Entonces, siendo $N \geq n(p,q,r)$, un número que depende sólo de los enteros *p, q* y *r* y que no está en el conjunto *S*, será verdad que hay ya sea un subconjunto *A* de *p* elementos, todos cuyos subconjuntos *r* están en la familia α, o que hay un subconjunto *B* de *q* elementos, todos cuyos subconjuntos *r* están en la familia β (Hall 1986:73).

Este ejemplar de la teoría de la enumeración, cuyo planteo se conoce como el teorema de amigos y extraños y cuya notación es *R*(3,3)=6 (siendo 6 el número de Ramsey y denotando 3,3 dos subgrafos completos de tres elementos cada uno) es al mismo tiempo la punta del iceberg de un campo combinatorio caracterizado por la completa ausencia de métodos de prueba que no sean de fuerza bruta y por la explosión de la dificultad de la prueba incluso ante grafos completos de un número de vértices relativamente bajo.

l / *k*	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3	6	9	14	18	23	28	36	40 43	46 51	52 59	59 69	66 78	73 88
4		18	25	35 41	49 61	56 84	73 115	92 149	97 191	128 238	133 291	141 349	153 417
5			43 49	58 87	80 143	101 216	125 316	143 442	159 633	185 848	209 1139	235 1461	265 1878
6				102 165	113 298	130 495	169 780	179 1171	253 1804	262 2566	317 3705	5033	401 6911
7					205 540	216 1031	237 1713	289 2826	405 4553	416 6954	511 10581	15263	22116
8						282 1870	317 3583	6090	10630	16944	817 27490	41525	861 63620
9							565 6588	580 12677	22325	39025	64871	89203	
10								798 23556		81200			1265

Figura 4.5. Tabla de Radziszowski para los pequeños valores del número de Ramsey. http://www.cs.rit.edu/~spr/ElJC/ejcram12.pdf

[6] El problema en cuestión es el que se conoce como Problema E 1321 y se publicó en *The American Mathematical Monthly* de junio-julio de 1958. A la misma familia de teorías en que se encuentra este problema pertenecen el principio del nido de palomas [*pigeonhole principle*] y el principio de las cajas [*Schubfachprinzip*] de Johann Dirichlet. Una familia afín de problemas analíticos se agrupa en la llamada teoría de grafos extremales [*extremal graph theory*], consistente en el análisis del número de aristas u otras propiedades que debe poseer un grafo de *n* vértices para garantizar que contenga (o no) un cierto grafo o tipo de grafo (Turán 1941; Valdes 1991; Stechkin y Baranov 1995: 101-136; Jakobson y Rivin 1999; Rosen y otros 2000: cap. 8.11.1; Bollobás 2001: 103-144; Gross y Yellen 2004: cap. 8.1; Bollobás 2004: 163-194).

El hecho es que las soluciones a problemas de Ramsey se conocen para una cantidad muy pequeña de casos. Para dos colores o propiedades el inventario se reduce a $R(3,4)=9$, $R(3,5)=14$, $R(4,4)=18$, $R(3,6)=18$, $R(3,7)=23$, $R(3,8)=28$, $R(3,9)=36$, $R(4,5)=25$, $R(6,7)=298$. Para algunos casos [por ejemplo $R(3,10)=40\text{-}43$] sólo se pueden establecer los límites inferior y superior del número correcto. Insólitamente, la diferencia entre el procedimiento para encontrar el número de $R(4,4)$ y el de $R(5,5)$ es tan mayúscula que mientras el primero se conoce bien hace ya mucho tiempo el segundo es probable que no se conozca jamás, aunque se sospecha se yace entre 43 y 49. Algunos autores (p. ej. Stanisław Radziszowski 2009) han ganado alguna celebridad calculando por ejemplo $R(4,5)$ y armando el *survey* de los pequeños números de Ramsey hasta la fecha. Grandes talentos de la combinatoria se han consagrado a encontrar soluciones en este campo: Václav Chvátal, Paul Erdös, Ronald Graham, Donald Knuth, Jarik Nešetřil, Frank Harary. Al lector que haya resistido estas minucias formales hasta aquí quizá cabe aclararle que esta teoría y sus derivaciones conciernen a dos factores de extrema importancia. Por un lado, la constatación de que problemas cuantitativamente muy parecidos difieren drástica y desproporcionadamente en la posibilidad o imposibilidad de su resolución. Por el otro, la relevancia antropológica de esta teoría es palpable, dado que ella estudia la forma en que las características globales inciden en los atributos locales.

Cada tanto surgen espíritus nobles que proclaman que existen objetivos humanos y científicos más urgentes que el de tratar de encontrar números de Ramsey para diferentes casos combinatorios (Gardner 2001:452). Seguramente es así. No obstante, la "utilidad" conceptual de los planteos de Ramsey y de otros de la misma especie es, insisto, incontestable: si logramos articular un problema de modo que tenga una estructura de propiedades bien conocida, en muchos casos es posible determinar a priori qué clase de soluciones admite, o si no admite ninguna, o si las que admite son duras de tratar, o si existen regiones en el espacio de coordenadas que por razones imperativas de combinatoria quizá permanezcan por siempre en la oscuridad. Lo que probó Ramsey, al lado de eso, es que en los conjuntos (suficientemente) grandes las estructuras (y por ende, algunas medidas de orden) son inevitables; "el desorden completo –decía Theodore S. Motzkin– es imposible" (Graham 2006; Graham 1983).

Por otra parte, las aplicaciones de las ideas relacionadas con esta clase de problemas tienden hoy a lo innumerable; las hay en terrenos tan diversos como el análisis espectral, el análisis de recurrencia en sistemas dinámicos y en series temporales, en ciencia de la computación, teoría de la información, diseño de canales de comunicación, computación distribuida, demostración automática de teoremas, economía, juegos y teoría de juegos (Roberts 1984; Rosta 2004). Aunque en apariencia nos hayamos alejado del centro de la cuestión, el ARS (por la tortuosa vía de la teoría de grafos) alumbra con especial claridad estas problemáticas de constreñimiento estructural casi nunca afrontadas, revelando la existencia de los mismos problemas en territorios disciplinarios que para una perspectiva concentrada en lo particular y en el descriptivismo discursivo no están relacionados en absoluto, o sólo lo estarían si se hallaran bajo la dictadura de algún reduccionismo inaceptable.

6. Conclusiones: modelos discursivos y modelos matemáticos

Los factores de complejidad presentes en las redes sociales se traducen en series, redes y campos de nuevas posibilidades y constreñimientos de la investigación. Por un lado podemos atrevernos a afrontar dilemas que antes no habíamos podido siquiera concebir; por el otro, se ha aprendido que muchas narrativas que dábamos por sentadas ya no son sustentables. En este campo polimorfo que aquí apenas hemos comenzado a entrever, me atrevo a sugerir que las conclusiones de mayor relevancia atañen a los siguientes elementos de juicio:

- El descubrimiento, demorado por siglos, de patrones cuantitativos de distribución que ponen en crisis los supuestos de la distribución normal y sus estadísticas concomitantes, permitiendo conocer la estructura e inferir la génesis de los objetos reticulares, valorar su adecuación y sostenibilidad y accionar sobre ellos de maneras empíricamente apropiadas. A esto se suma la posibilidad correlativa de establecer hipótesis de trabajo que no sean en forma encubierta hipótesis nulas y de elaborar razonamientos que vinculen el plano de la agencia con las estructuras globales. Correspondientemente, la necesidad de pensar en la creación de pruebas estadísticas de validez que en la evaluación de la significancia no estén sesgados hacia supuestos de distribuciones monotónicas, mecanismos aleatorios y relaciones lineales entre parámetros y variables. Ahora se percibe con claridad que las pruebas del χ^2, la de Student y tantas otras son tributarias de ese sesgo. Por más que algunos puristas y ortodoxos del ARS las consideren esenciales y protesten con vehemencia cuando no se las despliega, en tiempos recientes las pruebas de significancia han sido objeto de una crítica devastadora, no sólo porque se las sepa engañosas o imposibles de administrar en contextos de no-linealidad sino por razones lógicas variadas, muchas, precisas y profundas[7]. Tras el fracaso de grandes proyectos de cuantificación de caja

[7] Compárese Wasserman y Faust (1994: 15-16, 194-195,605-607), Nunkesser y Sawitzki (2005) o Kryssanov (2008) con la bibliografía crítica reseñada más arriba en la cita de la página 4. No es posible aquí resumir siquiera el estado de la polémica; sin embargo, la amplitud de la bibliografía, ignorada sistemáticamente incluso por los más cuantitativos de los antropológos, testimonia la relevancia y el ardor de las discusiones (véase asimismo Abelson 1997; Anderson, Burnham y Thompson 2000; Armstrong 2007a; 2007b; Batanero 2000; Batanero y Díaz 2006; Berger y Sellke 1987; Berkson 2003; Carver 1978; 1993; Chibnik 1985; Cohen 1994; Cortina y Dunlap 1997; Cowgill 1977; Daniel 1993; Dar, Serlin y Omer 1994; Denis 2003; Evans, Mills y Dawson 1988; Falk y Greenbaum 1995; Feinstein 1998; Fidler y otros 2006; Gabor 2004; García Berthou y Alcaraz 2004; Gardner y Altman 1986; Giere 1972; Gigerenzer 1993; 2000; 2004; Gigerenzer, Krauss y Vitouch 2004; Glaser 1999; Gliner, Leech y Morgan 2002; Goodman 2008; Greenwald 1975; Guthery, Lusk y Peterson 2001; Hager 2000; Haller y Krauss 2002; Harlow, Mulaik y Steiger 1997; Hubbart y otros 2003; Hubbard 2005; Huberty 1993; Hunter 1997; Huysamen 2005; Johansson 2011; Johnson 1999; 2004; Kilgrarriff 2005; Kline 2004; Krämer y Gigerenzer 2005; Krantz 1999; Krueger 2001; Labovitz 1968; 1970; Leahy 2005; Lecoutre 1999; Lecoutre, Poitevineau y Lecoutre 2003; Levin 1998; Loftus 1991; 1993; 1996; 2010; Marewski y Olsson 2009; McCloskey y Ziliak 2008; Meehl 1967; 1978; Menon 1993; Monterde-i-Bort, Frías-Navarro y Pascual Llovell 2010; Moran y Solomon 2004; Morrison y Henkel 1970; Mulaik, Paju y Harshman 1997; Nicholls 2000; Nickerson 2000; Nix y Barnette 1998a; 1998b; Rigby 1999; Rozeboom 1960; Schervisch 1996;

negra (como la "revolución cuantitativa" en geografía, el análisis espacial de los GIS arqueológicos o la corriente principal de nuestra antropología matemática) algunos han comenzado a mirar con sospecha a la estadística irreflexiva, no tanto en las ciencias sociales como fuera de ellas. Pero todavía resta mucho por hacer en este terreno: no alcanza con sustituir el "azar dócil" por el "azar salvaje", ni con mantener en vida vegetativa métodos de muestreo y de prueba de hipótesis que los científicos sociales han elevado a la categoría de ortodoxias pero que carecen de una fundamentación matemática rigurosa.

- La necesidad de superar la tentación de trazar los grafos conforme a las contingencias de la enunciación discursiva del problema y de las tradiciones conceptuales de las disciplinas. El principal aporte de las técnicas reticulares, a mi modo de ver, no finca en su capacidad para otorgar precisión descriptiva a conceptos ya bastante fatigados de rol, centralidad y prestigio, sino en que renueva la clase de preguntas que es posible formular. Mi intuición (a la luz del progreso de la teoría de grafos en los últimos treinta años) es que el modelado debería desenvolverse con un ojo puesto en la clase estructural de problemas que convendría plantear, lo cual a su vez está en función de la clase de complejidad que el problema involucra y/o la clase de distribuciones, grafos, matrices o matroides cuyas propiedades albergan las mejores perspectivas de tratabilidad y resolución (cf. Brandstädt, Le y Spinrad 2004; Golumbic 2004). Algunas veces la táctica de resolución para una clase de problemas será bien conocida; otras, en cambio, convendrá invitar a los pensadores matemáticos para que participen en su búsqueda; y otras más, finalmente, habrá que pensar en formular el problema de otro modo, en instrumentar un tipo distinto de modelo o en resignarnos a sacar el jugo que se pueda de la buena y vieja ciencia convencional.
- La comprobación de que las herramientas y algoritmos complejos revelan en el seno de los problemas situaciones que desafían el sentido común y que demuestran cuánto le falta a éste para ser un buen sentido. Los ejemplos abundan: allí están los digrafos signados que, atrapados en la brutalidad de una opción dicotómica que se deriva de la imposibilidad de cuantificar con exactitud, arrojan no obstante resultados de altísima precisión conceptual. O los procesos que lucen parecidos (recorrer las calles sin que los servicios se encuentren el mismo día en las mismas cuadras, barrerlas en el menor tiempo posible) pero que exigen planteos totalmente distintos, aun apelando a herramientas de la misma familia. A la inversa, objetivos que no parecen tener nada en común (distribuir recorridos de camiones, escoger entre

Shrout 1997; Skipper, Guenther y Nash 1970; Sterling, Rosenbaum y Weinkam 1995; Sterne 2003; Sterne y Smith 2000; Suter 1996; Thompson 2001; Tversky y Kahneman 1991; Vicente y Torenvliet 2000; Williams 1972).

alternativas de retorno de inversión financiera) se resuelven mediante procedimientos que difieren en muy poco. E igualmente, problemas que imaginábamos simples (como el del vendedor viajero, o la planificación de trayectorias en un entramado urbano, o un sistema de voto o decisión social con un puñado de opciones, o la organización jerárquica de datos demográficos) resultan estar al borde de lo intratable, mientras que aspiraciones que pensábamos simbólicas de lo imposible (encontrar comunidades en redes inmensas, determinar la planaridad de un grafo gigante, abordar espacios de fase no convexos en los lindes de lo infinito, minimizar eficientemente costos, tiempos y recursos en la ejecución de procesos masivamente multivariados) resultan en cambio de materialización comparativamente trivial (Lawler 1976; Bazaraa y Jarvis 1977; Ahuja, Magnanti y Orlin 1993; Bóna 2006:ix; Sierksma y Ghosh 2010). En suma, problemas que parecen cuantitativamente casi idénticos requieren modos de solución de distinta escala y naturaleza[8].

Los elementos de juicio documentados en este estudio sugieren la necesidad de buscar soluciones reticulares (o de la naturaleza formal que fuere) en función de los recursos lógicos o algorítmicos que dicho planteo está en condiciones de aportar y no tanto en función de un grafismo que se obstina en replicar en el registro visual (en aras de un presunto esclarecimiento) lo que consideramos observable o lo que creemos saber desde siempre merced a las palabras.

[8] Un circuito que toque media docena de lugares puede diseñarse de manera óptima; otro que pase por apenas treinta, en cambio, deviene insoluble a menos que se empleen métodos computacionales intensivos o metaheurísticas avanzadas. Cuando los lugares están (digamos) en el Océano Pacífico, en Melanesia o en la Ruta de la Seda, el carácter subóptimo de su trazado puede que involucre la impracticabilidad de su recorrido. En matemática discreta una "pequeña diferencia" puede resultar ominosa; si se trata de organizar agendas y programas, en ciertas condiciones un constreñimiento que establezca una realización en cuatro períodos es susceptible de resolverse con facilidad ("todo grafo planar es 4-coloreable"); si los períodos son 3, en cambio, la cuestión acarrea una dificultad enorme, si es que no se torna del todo intratable. Paradójicamente, agregar requisitos (tales como definir cuántos colores son necesarios para que países limítrofes sean de color diferente y –en un mundo colonizado– que las colonias sean del mismo color que las potencias coloniales [la respuesta es 12, sin que importe el número de metrópolis o de colonias]) resultan de muy fácil resolución. E igualmente, mapas con infinitos países no son mucho más difíciles de 4-colorear que los mapas con simplemente muchos de ellos (Barnette 1983: 160-161). Lo contrario sucede cuando se pretende pasar de problemas de Ramsey de tipo $R(4,4)$ a otros de tipo $R(4,5)$. Ni siquiera hay proporcionalidad entre una aserción y la negación correspondiente: al revés de lo que pensaría un Gregory Bateson, usualmente es más difícil determinar que dos grafos *no* son isomorfos que encontrar un isomorfismo cuando efectivamente lo son (Kocay y Kreher 2005: 5). De más está decir que la importancia antropológica de estas cuestiones no finca en la capacidad de resolver TSPs o de posar palomas en sus nidos, sino, como se ha visto, en el exquisito isomorfismo entre esas metáforas formales y las estructuras subyacentes a un número significativo de problemáticas empíricas, políticas o de gestión de muy alta relevancia.

Bibliografía

Abelson, Robert. 1997. "On the surprising longevity of flogged horses: Why there is a case for the significance test". *Psychological Science*, 8(1): 12-15.

Ahuja, Ravindra, Thomas Magnanti y James Orlin. 1993. *Network flows: Theory, algorithms, and applications*. Upper Saddle River: Prentice-Hall.

Anderson, David, Kenneth Burnham y William Thompson. 2000. "Null hypothesis testing: Problems, prevalence, and an alternative". *Journal of Wildlife Management*, 64(4): 912-923.

Appel, Kenneth y Wolfgang Haken. 1977. "Every planar map is four colorable. Part I: Discharging". *Illinois Journal of Mathematics*, 21: 429-490.

Appel, Kenneth, Wolfgang Haken y John Koch. 1977. "Every planar map is four colorable. Part II: Reducibility". *Illinois Journal of Mathematics*, 21: 491-567.

Armstrong, Scott. 2007a. "Significance tests harm progress in forecasting". *International Journal of Forecasting*, 23: 321-327.

Armstrong, Scott. 2007b. "Statistical significance tests are unnecessary even when properly done". *International Journal of Forecasting*, 23: 335-336.

Bakan, David. 1966. "The test of significance in psychological research". *Psychological Bulletin*, 66: 423-437.

Barabási, Albert-László. 2002. *Linked. The new science of networks*. Cambridge: Perseus Publishing.

Barnette, David. 1983. *Map coloring, polyhedra, and the four-color problem*. Washington, D. C.: Mathematical Association of America.

Batanero, Carmen. 2000. "Controversies around the Role of Statistical Tests in Experimental Research". *Mathematical Thinking and Learning*, 2(1-2): 75-97.

Batanero, Carmen y Carmen Díaz. 2006. "Methodological and didactical controversies around statistical inference". http://www.ugr.es/~batanero/ARTICULOS/Paradigma.pdf.

Bazaraa, Mokhtar y John Jarvis. 1977. *Linear programming and network flows*. Nueva York: John Wiley & Sons.

Berger, James y Thomas Sellke. 1987. "Testing a point null hypothesis: The irreconcilability of P values and evidence (with discussion)". *Journal of the American Statistical Association*, 82(397): 112-122.

Berkson, Joseph. 1938. "Some difficulties of interpretation encountered in the applications of the chi-square test". *Journal of the Americal Statistical Association*, 33(203): 526-542.

Berkson, Joseph. 2003. "Tests of significance considered as evidence". *International Journal of Epidemiology*, 32: 687-691.

Bollobás, Béla. 2001. *Random graphs*. 2ª edición, Cambridge: Cambridge University Press.

Bollobás, Béla. 2004. *Extremal graph theory*. Nueva York: Dover.

Bóna, Miklós. 2006. *A walk through combinatorics: An introduction to enumeration and graph theory*. Singapur: World Scientific.

Bourdieu, Pierre y Loic Wacquant. 2005. *Una invitación a la sociología reflexiva*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

Bourdieu, Pierre y Monique de Saint Martin. 1982. "La sainte familie. L'épiscopate français dans le champ du pouvoir". *Actes de la recherche en sciences sociales*, 44-45: 2-53.

Bourdieu, Pierre. 2007. *El sentido práctico*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores.

Branstädt, Andreas, Van Bang Le y Jeremy Spinrad. 2004. *Graph classes: A survey*. Filadelfia: SIAM.

Bunke, Horst, Peter Dickinson, Miro Kraetzl y Walter Wallis. 2007. *A graph-theoretic approach to enterprise network dynamics*. Boston-Basilea-Berlín: Birkhäuser.

Carver, Ronald P. 1978. "The case against statistical hypothesis testing". *Harvard Educational Review*, 48: 378-399.

Carver, Ronald P. 1993. "The case against statistical significance testing, revisited". *Journal of Experimental Education*, 61: 287-292.

Chartrand, Gary y Ping Zhang. 2009. *Chromatic graph theory*. Boca Raton: CRC Press.

Chibnik, Michael. 1985. "The use of statistics in sociocultural anthropology". *Annual Review of Anthropology*, 14: 135-157.

Cohen, Jacob. 1994. "The earth is round ($p < .05$)". *American Psychologist*, 49: 997-1003.

Cortina, José M. y William P. Dunlap, 1997. "On the logic and purpose of significance testing. Psychological Methods". *Psychological methods*, 2(2): 161-172.

Cowgill, George. 1977 "The trouble with significance tests and what can we can do about it". *American Antiquity*, 42(3): 350-368.

Daniel, Larry. 1993. "Statistical Significance Testing: A Historical Overview of Misuse and Misinterpretation with Implications for the Editorial Policies of Educational Journals". *Research in the schools*, 5(2): 23-32..

Dar, Reuven, Donald Serlin y Haim Omer. 1994. "Misuse of Statistical Tests in Three Decades of Psychotherapy Research". *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 62(1): 75-82.

Davidson, Ron y David Harel. 1996. "Drawing graphs nicely using simulated annealing". *ACM Transactions on Graphics*, 15(4): 301-331.

Denis, Daniel J. 2003. "Alternatives to null hypothesis significance testing". *Theory and Science*, 14(1), http://theoryandscience.icaap.org/content/vol4.1/02_denis.html.

Euler, Leonhard. 1741. "Solutio problematis ad geometriam sitvs pertinentis". *Comentarii Academiae Scientiarum Petropolitanae*, 8: 128-140; *Opera omnia*, serie 1, vol. 7, pp. 1-10. [Traducción al inglés: "The seven bridges of Königsberg". En: James Newman (compilador), *The world of mathematics*, Redmond, Tempus Books, 1988, vol. 1, pp. 565-571]. http://www.math.dartmouth.edu/~euler/docs/originals/E053.pdf. Visitado en junio de 2011.

Evans, Stephen, Peter Mills y Jane Dawson. 1988. "The end of the p value?". *Br Heart J*, 60: 177-180.

Falk, Ruma y Charles W. Greenbaum. 1995. "Significance tests die hard: The amazing persistence of a probabilistic misconception". *Theory and Psychology*, 5: 75-98.

Feinstein, Alvan R. 1998. "*P*-values and confidence intervals: Two sides of the same unsatisfactory coin". *Journal of Clinical Epidemiology*, 51: 355-360.

Fidler, Fiona, Mark Burgman, Geoff Coming, Robert Buttrose y Neil Thomason. 2006. "Impact of Criticism of Null-Hypothesis Significance Testing on Statistical Reporting Practices in Conservation Biology". *Conservation Biology*, 20(5): 1539-1544.

Fritsch, Rudolf y Gerda Fritsch. 1998. *The four-color theorem: History, topological foundations, and idea of proof*. Nueva York: Springer.

Gabor, George. 2004. "Classical statistics: Smoke and mirrors". http://www.stats.org.uk/statistical-inference/Gabor2004.pdf.

García Berthou, Emili y Carles Alcaraz. 2004. "Incongruence between test statistics and P values in medical papers". *BMC Medical Research Methodology*, 4:13, http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1471-2288-4-13.pdf.

Gardner, Martin. 2001. *The colossal book of mathematics*. Nueva York y Londres: W. W. Norton & Company.

Gardner, Martin y Douglas Altman. 1986. "Confidence intervals rather than P values: estimation rather than hypothesis testing". *British Medical Journal*, 22: 746-750.

Giere, Ronald. 1972. "Review: The significance test controversy". *The British Journal for the Philosophy of Science*, 23(2): 170-181.

Gigerenzer, Gerd. 1993. "The superego, the ego, and the id in statistical reasoning". En: G. Keren y C. Lewis (compiladores), *A handbook of data analysis in the behavioral sciences: Methodological issues*, Hillsdale: Erlbaum, pp. 311-339.

Gigerenzer, Gerd. 2000. "We need statistical thinking, not statistical rituals". *Behavioral and brain science*s, 21(2): 199-200.

Gigerenzer, Gerd. 2004. "Mindless statistics". *The Journal of Socio-Economics*, 33: 587-606.

Gigerenzer, Gerd, Stefan Krauss y Oliver Vitouch. 2004. "The null ritual: What you always wanted to know about significance testing but were afraid to ask". En: D. Kaplan (editor), *The SAGE handbook of quantitative methodology for the social sciences*, Londres: SAGE, pp. 391-408.

Gill, Jeff 1999. "The Insignificance of Null Hypothesis Significance Testing". *Political Research Quarterly*, 52(3): 647-674, http://polmeth.wustl.edu/media/Paper/gill99.pdf.

Glaser, D. N. 1999. "The controversy of significance testing: Misconceptions and alternatives". *American Journal of Critical care*, 8(5): 291-296.

Gliner, Jeffrey, Nancy Leech y George Morgan. 2002. "Problems with null hypothesis significance testing (NHST): What do the textbooks say". *The Journal of Experimental Education*, 71(1): 83-92.

Golumbic, Martin Charles. 2004 [1980]. *Algorithmic graph theory and perfect graphs*. 2ª edición, Amsterdam: Elsevier.

Goodman, Steven. 2008. "A dirty dozen: Twelve *P*-values misconceptions". *Seminars in Hematology*, 45: 135-140.

Graham, Ronald, 1983. "Recent developments in Ramsey theory". *Proceedings of the International Congress of Mathematicians*, Varsovia, 16 al 24 de agosto, pp. 1555-1567.

Graham, Ronald. 2006. "Old and new problems and result in Ramsey theory". Mathematics Department Colloqium, Department of Computer Science and Engineering, UCSD, http://www.math.ucsd.edu/~sbutler/ron/08_06_old_and_new.pdf. Visitado en junio de 2010.

Graham, Ronald, Bruce Rothschild y Joel Spencer. 1990. *Ramsey theory*. 2ª edición, Nueva York: John Wiley & Sons.

Greenwald, Anthony. 1975. "Consequences of Prejudice Against the Null Hypothesis". Psychological Bulletin, 82(1): 1-20.

Gross, Jonathan y Jay Yellen. 2004. *Handbook of graph theory*. Boca Raton: CRC Press.

Guthery, Fred, Jeffrey Lusk y Markus Peterson, 2001. "The fall of the null hypothesis: Liabilities and opportunities". *The journal of wildlife management*, 65:3: 379-384.

Hager, Willi. 2000. "About some misconceptions and the discontent with statistical tests in psychology". Methods of Psychological Research Online, 5(1), http://www.dgps.de/fachgruppen/methoden/mpr-online/issue9/art1/hager.pdf. .

Hall, Marshall Jr. 1986. *Combinatorial theory*. 2ª edición, Nueva York: John Wiley & Sons.

Haller, Heiko y Stephan Krauss. 2002. "Misinterpretations of significance: a problem students share with their teachers?". *Methods of Psychological Research—Online* [On-line serial], 7, 1–20. http://www.dgps.de/fachgruppen/methoden/mpr-online/issue16/art1/haller.pdf. Visitado en julio de 2010.

Harlow, Lisa, Stanley Mulaik y James Steiger (compiladores). 1997. *What if there were no significance tests?*. Mahwah: Erlbaum.

Holton, Derek Alan y J. Sheehan. 1993. *The Petersen graph*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hopcroft, John Edward, Rajeev Motwani y Jeffrey Ullman. 2001. *Introduction to automata theory, languages and computation*. 2ª edición. Reading: Addison-Wesley.

Hubbard, Raymond, M. J. Bayarri, Kenneth Berk y Matthew Carlton. 2003. "Confusion over measures of Evidence (p's) versus Error (α) in classical statistical testing". *The American Statician*, 57(3): 171-182.

Hubbard, Raymond. 2005. "Why We Don't Really Know What "Statistical Significance" Means: A Major Educational Failure". http://escholarshare.drake.edu/bitstream/handle/2092/413/WhyWeDon't.pdf?sequence=3.

Huberty, Carl J.. 1993. "Historical Origins of Statistical Testing Practices: the Treatment of Fisher Versus Neyman-Pearson views in textbooks". *Journal of Experimental Education*, 61, 317-333.

Hunter, John. 1997. "Needed: A ban on the significance test". *Psychological science*, 8: 3-7.

Huysamen, G. K. 2005. "Null hypothesis significance testing: Ramifications, ruminations and recommendations". *South African Journal of Psychology*, 35(1): 1-20.

Jakobson, Dmitry e Igor Rivin. 1999. "On some extremal problems in graph theory". arXiv:math.CO/9907050. http://arxiv.org/abs/math.CO/9907050. Visitado en abril de 2010.

Johansson, Tobias. 2011. "Hail the impossible: *p*-values, evidence, and likelihood". *Scandinavian Journal of Psychology*, 52: 113-125

Johnson, Douglas H. 1999. "The insignificance of statistical significance testing". *Journal of Wildlife Management*, 63(3): 763-772

Johnson, Douglas H. 2004. "What hypothesis tests are not: A response to Colegrave and Ruxton". *Behavioral Ecology*, 16(1): 323-324.

Kant, Goosen. 1967. *Algorithms for drawing planar graphs*. Disertación de doctorado, Universidad de Utrecht.

Kilgarriff, A. 2005. "Language is never, ever, ever, random". *Corpus Linguistics and Linguistic Theory*, 1-2: 263-275.

Kline, Rex. 2004. *Beyond Significance Testing: Reforming Data Analysis Methods in Behavioral Research*. Washington: American Psychological Association.

Knuth, Donald. 2001. *The art of computer programming*. 4 volúmenes. Reading, Addison Wesley.

Kocay, William y Donald Kreher. 2005. *Graphs, algorithms, and optimization. Discrete mathematics and its applications*. Boca Raton, CRC Press.

Krämer, Walter y Gerd Gigerenzer. 2005. "How to Confuse with Statistics or: The Use and Misuse of Conditional Probabilities". *Statistical Science*, 20(3): 223-230.

Krantz, David. 1999. "The null hypothesis testing controversy in psychology". *Journal of the American Statistical Association*, 44(448): 1372-1381.

Krueger, Joachim. 2001. "Null hypothesis significance testing: On the survival of a flawed method". *American Psychologist*, 56(1): 16-26.

Kryssanov, Victor, Frank Rinaldo, Evgeny Kuleshov y Hitoshi Ogawa. 2008. "A hidden variable approach to analyze 'hidden' dynamics of social networks". En: Thomas Friemel (compilador), *Op. cit*., pp. 15-35.

Labovitz, Sanford. 1968. "Criteria for selecting a significance level: On the sacredness of .05". *The American Sociologist*, 3(3): 220-222.

Labovitz, Sanford. 1970. "The Nonutility of Significance Tests: The Significance of Tests of Significance Reconsidered". *The Pacific Sociological Review*, 13(3): 141-148.

Lawler, Eugene. 1976. *Combinatorial optimization: Networks and matroids*. Nueva York: Holt, Rinehart & Winston.

Leahy, Erin. 2005. "Alphas and Asterisks: The Development of Statistical Significance Testing Standards in Sociology". *Social Forces*, 84(1): 1-24.

Lecoutre, Bruno. 1999. "Beyond the significance test controversy: Prime time for Bayes?". *International Statistical Institute, 52nd Session*. http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/5/leco0735.pdf.

Lecoutre, Marie-Paul, Jacques Poitevineau y Bruno Lecoutre. 2003. "Even statisticians are not immune to misinterpretations of Null Hypothesis Significance Tests". *International Journal of Psychology*, 38: 37-45.

Levin, Joel R., 1998. "What if there were no more bickering about statistical significance tests". *Research in the Schools*, 5(2): 43-53.

Liebling, Thomas M. 1970. *Graphentheorie in Planungs-und Tourenproblemen*. Lecture Notes in Operations Research and Mathematical Systems No. 21, Berlin-Heidelberg-Nueva York: Springer-Verlag,

Lotfus, Geoffrey. 1991. "On the Tyranny of Hypothesis Testing in the Social Sciences". *Contemporary Pschology*, 36(2): 102-105.

Loftus, Geoffrey. 1993. "A picture is worth a thousand *p* values: On the irrelevance of hypothesis testing in the microcomputer age". *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 25(2): 250-256.

Loftus, Geoffrey. 1996. "Psychology will be a Much Better Science When We Change the Way We Analyze Data". *Current Directions in Psychological Science*, 1996: 161-171.

Lotfus, Geoffrey. 2010. "Null hypothesis". http://faculty.washington.edu/gloftus/Downloads/Loftus.NullHypothesis.2010.pdf.

Marewski, Julian y Henrik Olsson. 2009. "Beyond the null ritual: Formal modeling of psychological processes". *Journal of Psychology*, 217(1): 49-60.

Marx, Dániel. 2004. "Graph colouring problems and their applications in scheduling". *Periodica Polytechnica, Electrical Engineering*, 48: 11–16, http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.95.4268&rep=rep1&type=pdf.

McCloskey, Deirdre N. y Stephen T. Ziliak. 2008. *The Cult of Statistical Significance: How the Standard Error Costs Us Jobs, Justice, and Lives (Economics, Cognition, and Society)*. Ann Arbor: The University of Michigan Press

Meehl, Paul E. 1967. "Theory testing in psychology and physics: A methodological paradox". *Philosophy of science*, 34: 103-115.

Meehl, Paul E. 1978. "Theoretical Risks and Tabular Asterisks: Sir Karl, Sir Ronald, and the Slow Progress of Soft Psychology". *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 46: 806-834.

Menon, Rama. 1993. "Statistical Significance Testing Should be Discontinued in Mathematics Education Research". *Mathematics education research journal*, 5(1): 4-18.

Molloy, Michael y Bruce Reed. 2002. *Graph colouring and the probabilistic method*. Berlín-Heidelberg: Springer-Verlag.

Monterde-i-Bort, Héctor, Dolores Frías-Navarro y Juan Pascual-Llovell. 2006. "Errores de interpretación de los métodos estadísticos: importancia y recomendaciones". *Psicothema*, 18(4): 848-856.

Monterde-i-Bort, Héctor, Dolores Frías-Navarro y Juan Pascual-Llovell. 2010. "Uses and abuses of statistical significance tests and other statistical resources: a comparative study". *European Journal of Education and Psychology,* 25: 429-447.

Moran, John L. y Patricia J. Solomon. 2004. "A farewell to P-values?". *Critical Care and Resuscitation*, 6: 130-137

Morrison, Denton F. y Ramon E. Henkel. 1970. *The significance test controversy: A reader*. Chicago: Aldine.

Mulaik, S. A., N. S. Raju y R. A. Harshman. 1997. "There is a time and a place for significance testing". En: L. L. Harlow, S. A. Mulaik y J. H. Steiger (editores), *Op. Cit*., pp. 65-115.

Neyman, J. y E.S. Pearson, 1933. "On the Problem of the Most Efficient Tests of Statistical Hypotheses". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character*, Vol. 231, pp. 289-337.

Nicholls, Neville. 2000. "Commentary and analysis: The insignificance of significance testing". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81: 981-986.

Nickerson, Raymond S. 2000. "Null hypothesis significance testing: A review of an old and continuing controversy". *Psychological Methods*, 5(2): 241-301.

Nix, Thomas y J. Jackson Barnette, 1998a. "A review of hypothesis testing revisited: Rejoinder to Thompson, Knapp, and Levin". *Research in the Schools*, 5(2): 55-57.

Nix, Thomas y J. Jackson Barnette. 1998b. "The Data Analysis Dilemma: Ban or Abandon. A Review of Null Hypothesis Significance Testing". *Research in the Schools*, 5(2): 3-14.

Nunkesser, Mark y Daniel Sawitski. 2005. "Block models". En: U. Brandes y T. Erlebach (compiladores), *Op. cit*., pp. 253-292.

Ore, Øystein. 1960. *The four-color problem*. Nueva York: Academic Press.

Ore, Øystein. 1962. *Theory of graphs*. Providence, American Mathematical Society.

Ore, Øystein. 1990. *Graphs and their uses*. Washington, DC: The Mathematical Association of America.

Radziszowski, Stanisław. 2009. "Small Ramsey numbers" (*survey*). http://www.combinatorics.org/Surveys/ds1/sur.pdf. Visitado en junio de 2010.

Reynoso, Carlos. 2006. *Antropología de la música. De los géneros tribales a la globalización. Vol.II: Teorías de la complejidad*. Buenos Aires: Editorial Sb.

Reynoso, Carlos. 2009. *Modelos o metáforas: Crítica del paradigma de la complejidad de Edgar Morin*. Buenos Aires: Editorial Sb.

Reynoso, Carlos. 2010. *Análisis y diseño de la ciudad compleja: Perspectivas desde la antropología urbana*. Buenos Aires: Editorial Sb.

Reynoso, Carlos. 2011. *Redes sociales y complejidad: Modelos interdisciplinarios en la gestión sostenible de la sociedad y la cultura*. Buenos Aires: Editorial Sb.

Reynoso, Carlos. 2011. *Redes sociales y complejidad: Modelos interdisciplinarios en la gestión sostenible de la sociedad y la cultura*. Buenos Aires: Editorial Sb.

Reynoso, Carlos y Damián Castro. 1994. "VB-GIS. A GIS specifically designed for Archaeology". En: Ian Johnson (editor), *Methods in the Mountains, Proceedings of the UISPP Commission IV Meeting, Mount Victoria, Australia, Sydney University Archaeological Methods Series* #3, pp.135-142.

Rigby, Alan S. 1999. "Getting past the statistical referee: moving away from P-values and towards interval estimation". *Health Education Research*, 14(6): 713-715.

Roberts, Fred. 1978. *Graph theory and its applications to problems of society*. Filadelfia: SIAM. Society for Industrial and Applied Mathematics.

Roberts, Fred S. 1984. "Applications of Ramsey theory". *Discrete applied mathematics*, 9(3): 251-261.

Rosen, Kenneth, John Michaels, Jonathan Gross, Jerrold Grossman y Douglas Shier. 2000. *Handbook of discrete and combinatorial mathematics*. Boca Raton: CRC Press.

Rosta, Vera. 2004. "Ramsey theory applications". *The Electronic Journal of Combinatorics*, diciembre, #DS13.

Rozeboom, William W. 1960. "The fallacy of the null hypothesis significance test". *Psychological bulletin*, 57: 416-428.

Schervish, M. J. 1996. "P Values: What They Are and What They Are Not". *The American Statistician*, 50(3): 203-206.

Shrout, Patrick E. 1997. "Should significance tests be banned? Introduction to a special section exploring the pros and cons". *Psychological Science*, 8(1): 1-2.

Sierksma, Gerard y Diptesh Ghosh. 2010. *Networks in action*. Nueva York: Springer.

Sipser, Michael. 2006. *Introduction to the theory of computation*. 2a edición, Boston: Thomson Learning.

Skipper, James, Anthony Guenther y Gilbert Nash. 1970. "The sacredness of. 05: A note concerning the uses of statistical levels of significance in social social science". *The American Sociologist*, 2 : 16-18.

Stechkin, Boris y Valeriy Baranov. 1995. *Extremal combinatorial problems and their applications*. Dordrecht: Kluwer.

Sterling, T. D., W. L. Rosenbaum y J. J. Weinkam. 1995. "Publication Decisions Revisited: The Effect of the Outcome of Statistical Tests on the Decision to Publish and Vice Versa". *The American Statitian*, 49(1): 108-112.

Sterne, Jonathan. 2003. "Commentary: Null points—has interpretation of significance tests improved?". *International Journal of Epidemiology*, 32: 693-694.

Sterne, Jonathan y George Davey Smith. 2000. "Sifting the evidence—what's wrong with significance tests?". *Physical Therapy*, 81(8): 1464-1469.

Suter, GlennW. II. 1996. "Abuse of hypothesis testing statistics in ecological risk assessment". *Human and Ecological Risk Assessment*, 2(2): 341-347.

Taleb, Nassim Nicholas. 2007. *The black swann: The impact of the highly improbable*. Nueva York: Random House.

Thompson, Bill. 2001. "402 Citations Questioning the Indiscriminate Use of Null Hypothesis Significance Tests in Observational Studies". http://warnercnr.colostate.edu/~anderson/thompson1.html.

Tucker, Alan C. 1973. "Perfect graphs and an application to optimizing municipal services". *SIAM Review*, 15(3): 585-590.

Tucker, Alan C. y L. Bodin. 1976. "A model for municipal street-sweeping operations". *Case Studies in Applied Mathematics*. Washington DC, Committee on the Undergraduate Program in Mathematics, Mathematical Association of America.

Turán, Paul [Pál]. 1941. "On an extremal problem in graph theory" [en húngaro]. *Matematikai és Fizikai Lapok*, 48: 436-452.

Tversky, A. y D. Kahneman. 1971. "Belief in the law of small numbers". *Psychological Bulletin*, 76, 105-110.

Tymoczko, Thomas. 1979. "The four-color problem and its philosophical significance". *The Journal of Philosophy*, 76(2): 57-83

Valdes, L. 1991. "Extremal properties of spanning trees in cubic graphs". *Congressus Numerantium*, 85: 143-160.

Van Leeuwen, Jan. 1990. *Algorithms and complexity*. Amsterdam: Elsevier.

Vicente, Kim J. y Gerard L. Torenvliet, 2000. "The Earth is spherical ($p < 0.05$): alternative methods of statistical inference". *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 1(3): 248-271.

Vilenkin, Naum Yakovlevich. 1971. *Combinatorics*. Nueva York: Academic Press.

Wasserman, Stanley y Katherine Faust. 1994. *Social networks analysis: Methods and applications*. Nueva York: Cambridge University Press.

West, Douglas B. 2001. *Introduction to graph theory*. 2ª edición, Mathematics Department, University of Illinois.

Williams, K. 1972. "A criticism of the Neyman-Pearson theory of testing". *Journal of the Royal Statistical Society*, series D (The Statician), 21(2): 128-131.

CAPÍTULO V

Complejidad de los paradigmas y problemas complejos

Un modelo epistemológico para la investigación empírica de los sistemas de pensamiento

Leonardo G. Rodríguez Zoya*

1. Introducción

La controversia entre el pensamiento complejo desarrollado por Edgar Morin (1990) y las ciencias de la complejidad (Waldrop, 1992) constituye un campo de disputa epistemológico y metodológico acerca de cómo pensar e investigar la complejidad organizacional del mundo físico, biológico y antropo-social. No se trata, ciertamente, de una simple disputa académica, sino de una controversia con implicancias filosóficas, educativas e incluso políticas. Cabe destacar que ambos enfoques se han desarrollado de modo independiente y con escasos puntos de contacto entre sí, desde fines de la década de 1970, por lo que cabe referir una ignorancia mutua entre el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad (Roggero, 2008). Por esta razón, no resulta apropiado hablar de una disputa controversial sino hasta comienzos del siglo XXI cuando se inician los primeros diálogos críticos entre ambas tradiciones de pensamiento.

En tal sentido, el filósofo francés planteó por primera vez una referencia explícita a las ciencias de la complejidad en el año 2005 -casi treinta años después de la aparición del primer tomo de *El Método* (Morin, 1977)-, en ocasión del coloquio de Cerisy. En su intervención, el autor de *El Método* propuso la distinción entre la complejidad general y la complejidad restringida. Mientras que la primera corresponde a su concepción del pensamiento complejo, la segunda refiere a las ciencias de la

* Investigador en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina. Profesor de la Universidad de Buenos Aires y de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Datos de contacto. Dirección postal: Virrey Cevallos 1064 1º B, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1077AAV, Argentina. Tel. +54 9 11 5001 8099. Correo electrónico: leonardo.rzoya@rzoya@gmail.com

complejidad (Morin, 2007). Si bien Edgar Morin abogó por la convergencia y articulación de ambas concepciones de complejidad, lo cierto es que el autor francés no acometió tal tarea en el desarrollo de su obra. Asimismo, la labor intelectual de los autores próximos al pensamiento complejo se ha orientado más hacia la exégesis y sistematización del corpus moriniano que hacia la revisión crítica del mismo (Ciurana, 2007; Solana Ruiz, 2001). De este modo, el pensamiento complejo no ha abierto su campo de reflexión a las problemáticas metodológicas y técnicas a las cuales se confrontan las ciencias de la complejidad.

Por otro lado, desde América Latina, algunos autores próximos a las ciencias de la complejidad dirigieron una crítica a la obra de Edgar Morin a través del señalamiento de sus limitaciones y destacando el carácter antagónico y, posiblemente, inconmensurable entre ambos enfoques (Maldonado, 2007; Reynoso, 2009). Esto condujo a la cristalización de una serie de dicotomías entre teorías discursivas de la complejidad y algoritmos complejos (Reynoso, 2006); modelos formales construidos con lenguaje matemático o computacional y metáforas elaboradas en lenguaje natural (Reynoso, 2009); la complejidad como método y la complejidad como ciencia (Maldonado, 1999; 2007). Por esta vía se bloqueó la posibilidad de un diálogo mutuamente constructivo entre ambas tradiciones y se profundizó la escisión entre pensamiento complejo y ciencias de la complejidad.

En el marco de este espacio controversial, el presente trabajo tiene un doble propósito. Por un lado, recuperar una de las problematizaciones más relevantes de la obra de Edgar Morin: el problema del paradigma y la organización de los sistemas de pensamiento. Por el otro lado, elaborar una estrategia posible para superar una de sus más fuertes limitaciones: la carencia de una metodología empírica que permita desarrollar el pensamiento complejo en el plano de la investigación científica.

En estas coordenadas, el objetivo específico de este artículo es explorar la pregunta acerca de cómo y por qué modelizar la complejidad de los sistemas de pensamiento. Para este fin se elabora una reflexión teórica y se propone un modelo epistemológico del pensamiento complejo para la investigación empírica de los paradigmas, esto es, los principios organizadores de un sistema de pensamiento. Este modelo es un dispositivo teórico y metodológico para examinar interrogantes del tipo: ¿cómo piensan los científicos la dimensión epistémica, social, ética y política de sus propias prácticas científicas?, ¿cómo un paradigma, o modo de pensamiento, determina un modo de problematización, esto es, el horizonte de las preguntas posibles, las ideas concebibles, los problemas aceptables y los conceptos imaginables?, ¿cómo una ciencia o disciplina científica puede ser capaz de observar, problematizar y criticar su propio paradigma o modo de pensamiento?

La labor desarrollada en este artículo forma parte de una línea de trabajo cuya meta en el mediano plazo es desarrollar estratégicamente las potencialidades del enfoque del pensamiento complejo y de las ciencias de la complejidad como un programa de investigación interdisciplinario de problemas complejos con alcances sociales y políticos.

El horizonte programático de esta línea de trabajo se orienta por un supuesto general que puede expresarse mediante el siguiente argumento. Las sociedades contemporáneas se enfrentan a múltiples problemas complejos de orden ecológico (degradación de la biósfera y cambio climático), económico (regulación de los mercados financieros), social (pobreza, hambre, desigualdad) y político (violencia, terrorismo, violación de los derechos humanos), entre otros. Transformar los problemas complejos en situaciones más deseables plantea a la humanidad tres grandes desafíos. Primero, construir un conocimiento más pertinente de los problemas complejos (desafío epistémico). Segundo, desarrollar acciones estratégicas, de carácter colectivo y democrático, para transformar el estado actual de un problema complejo en un futuro mejor (desafío ético-político). Tercero, pensar cómo pensamos la complejidad de los problemas fundamentales de la humanidad, del conocimiento que construimos y de las decisiones y estrategias de acción e intervención sobre la realidad (desafío meta-cognitivo y reflexivo).

Este último desafío constituye un problema invisible y difícil de ser pensado, justamente, porque implica desarrollar un proceso de objetivación y auto-observación sobre nuestro propio sistema de pensamiento o paradigma. Nuestro modo de pensamiento juega un rol crucial en las interrogaciones, conceptualizaciones, estrategias y decisiones que elaboramos para enfrentar problemas complejos. Es por esta razón que el problema del pensamiento es uno de los mayores desafíos políticos, educativos y científicos que enfrenta la humanidad en el siglo XXI. La posibilidad de imaginar y construir un sistema-mundo alternativo, esto es, un modo de vida sustentable en términos éticos, ecológicos, sociales, económicos y políticos está íntimamente ligada a nuestra capacidad de aprender a pensar de otro modo o, lo que es lo mismo decir, transformar nuestro sistema de pensamiento o paradigma.

¿Puede la ciencia ayudarnos a pensar la complejidad de nuestros problemas más graves? Es posible. Para ello la ciencia tiene que ser capaz de pensarse a sí misma, es decir, problematizar su propia estructura de pensamiento. ¿Cómo puede una ciencia investigar los paradigmas que organizan sus propias prácticas de construcción de conocimiento? Para abordar este problema, este trabajo se propone bosquejar una estrategia para modelizar la complejidad de los sistemas de pensamiento. Construir un modelo de los paradigmas o principios organizadores del sistema de pensamiento de una ciencia (o cualquier otro grupo u organización humana) constituye un meta-punto de vista a través del cual los científicos pueden auto-observar, problematizar y criticar sus estrategias de construcción de conocimiento. La elaboración de un meta-punto de vista constituye una estrategia meta-cognitiva que posibilita la inclusión reflexiva del sujeto en el conocimiento que produce y, por esta vía, la construcción de un conocimiento del conocimiento y de una ciencia con conciencia de la complejidad de su propia práctica y su propio modo de pensar (Morin, 1984).

La estrategia argumentativa está organizada en tres momentos. En primer lugar, se problematiza la complejidad del proceso de pensamiento como objeto de estudio y como método de conocimiento. En segundo lugar, se propone y elabora la categoría de problemas complejos. Se pone en evidencia la necesidad de articular métodos de

objetivación y métodos reflexivos en la investigación empírica de tales problemas. Finalmente, se presenta un modelo epistemológico para la investigación empírica de los sistemas de pensamiento. Este modelo es ilustrado empíricamente a través de una aplicación al dominio de las ciencias de la complejidad y la simulación social.

2. El pensamiento como sistema complejo

En su clásico trabajo sobre *la arquitectura de la complejidad,* Herbert Simon (1973) señala que un sistema puede ser descripto desde dos puntos de vista: como una descripción de estados y como una descripción de procesos. En el primer caso, se trata de un análisis estructural orientado a comprender la organización de un sistema en un momento particular de su historia. En el segundo caso, se trata de un análisis de la dinámica del sistema, es decir, su evolución a lo largo del tiempo.

Los sistemas complejos (físicos, biológicos y antroposociales) son sistemas históricos, esto quiere decir que la organización de un sistema es el resultado de un proceso evolutivo. Por esta razón, Jean Piaget (1979, p. 117) argumenta que existe "una necesidad fundamental de una dialéctica de la génesis y de la estructura", de modo tal que "no hay estructura sin historia, ni historia sin estructura" (García, 2006, p. 81). Más aún, puede afirmarse que "una estructura es historia organizada" (Rodríguez Zoya, 2013, p. 84). Metodológicamente, la dinámica evolutiva de un sistema comprende: (i) fases estructurantes que corresponden a los procesos de génesis y construcción de nuevas estructuras; (ii) fases estructuradas que comprenden los mecanismos que permiten conservar la organización de un sistema; y (iii) fases de desestructuración y reestructuración que aluden a la ruptura y cambio de la estructura de un sistema.

La pregunta central al estudiar el pensamiento como sistema complejo puede resumirse en el siguiente interrogante: ¿cómo se construye, cómo se organiza y cómo cambia el pensamiento a lo largo del tiempo? El problema relativo a la organización y cambio de los sistemas de pensamiento ha sido abordado desde distintas perspectivas y con distintos conceptos: psicogénesis y sociogénesis (Piaget y García, 2008), paradigma (Morin, 1998), arqueología y genealogía (Foucault, 1998), estructura o marco de pensamiento (Koyré, 1999), representaciones sociales (Moscovici, 1979), *mindscape* (Maruyama, 1980), modo de pensamiento (Whitehead, 1944), entre otros.

En el marco de este trabajo no podemos discutir estas perspectivas ni abordar con profundidad dicho interrogante. No obstante, interesa sugerir que el problema de la constitución, organización y cambio del pensamiento constituye, posiblemente, la pregunta conductora central de un programa de investigación interdisciplinario sobre la complejidad de los sistemas de pensamiento. A continuación, se ofrecen algunas líneas de reflexión para pensar la complejidad del pensamiento. Primero, se explora el bucle recursivo entre la organización del pensamiento y la organización de la realidad (apartado 2.1); segundo, se caracteriza al pensamiento como proceso de construcción de modelos (apartado 2.2); tercero, se describe al pensamiento como proceso de

problematización (apartado 2.3); y finalmente, se aborda la relación entre la complejidad del pensamiento como objeto de estudio y el pensamiento complejo como método (apartado 2.4).

2.1. El bucle recursivo entre el pensamiento y la realidad

Hay un dicho popular que dice: "quien sólo conoce un martillo ve clavos por todas partes"[1]. Esta metáfora visual tiene valor heurístico para problematizar la relación entre el pensamiento y la realidad. Nuestros instrumentos de conocimiento (ej. un estilo de pensamiento, una teoría, una conceptualización, un modelo científico, un método de investigación) condicionan nuestro modo de percibir y organizar la realidad.

Planteemos un experimento mental. Alguien muestra una fotografía de una selva. Llamemos a este objeto el *sistema observado*. Consideremos una multiplicidad de observadores. Ahora, alguien pregunta ¿qué ven? Un individuo cualquiera dice: "una selva, árboles, plantas". Un estudiante responde: "clorofila y fotosíntesis". Un poeta enuncia: "el color de la vida antes del hombre". Un ingeniero agrónomo afirma: "hay allí al menos cinco especies de plantas". Un físico-químico plantea: "un proceso termodinámico de disipación de energía". Un ecologista declara: "un ecosistema, un fragmento de la biósfera y de GAIA".

Todos *miran* el mismo objeto pero no todos *observan* lo mismo (Hanson, 1958). Distintos *sistemas observadores* tienen diferentes puntos de vista sobre un mismo recorte de la realidad empírica. El pensamiento es un *punto de vista* que estructura un modo de percibir y organizar la experiencia de la realidad. Pero, al mismo tiempo, los fenómenos del mundo de la experiencia condicionan la estructuración del pensamiento. El pensamiento y la realidad no son dos entidades discretas y separadas ni es posible establecer entre ellos una prioridad ontológica. Tanto el constructivismo ontológico (Latour, 1999; Woolgar, 1991) como el realismo ontológico (Bunge, 2009; Putnam, 1994) constituyen dos formas de simplificación. Más bien, puede sostenerse que la organización del pensamiento y la organización de la realidad son procesos correlativos y mutuamente constitutivos, tal como ha sido demostrado empíricamente por la psicología social (Duveen y Lloyd, 1990; Moscovici, 1979), la epistemología genética (García, 2000; Piaget *et al.* 2008) y la biología del conocimiento (Maturana y Varela, 1972; 2003), entre otras disciplinas. La complejidad reside en el carácter recursivo del proceso a través del cual el pensamiento constituye la realidad al tiempo que es constituido por ésta. Lo que llamamos *realidad* es una estructuración histórica de ese proceso recursivo. La reorganización de un sistema de pensamiento implica, de modo concomitante, transformaciones profundas en la organización de la realidad. Por ejemplo, la cosmología aristotélica es radicalmente distinta a la cosmología moderna que emerge del pensamiento de Tycho Brahe, Galileo, Kepler, entre otros, y cuya síntesis efectúa Newton. La reorganización del sistema de pensamiento aristotélico-

[1] Agradezco al profesor Gustavo Montenegro, psicólogo organizacional de la Universidad Nacional de Córdoba por sugerirme esta metáfora.

tomista en un pensamiento moderno implicó lo que Alexandre Koyré llamo la "destrucción del cosmos" (finito, cerrado y jerárquico de los antiguos y la construcción de un nuevo cosmos infinito) y la "geometrización del espacio" (la sustitución del espacio aristotélico por el de la geometría euclidiana). La constitución del sistema de pensamiento moderno implicó, en su sentido más profundo:

> que el hombre perdiese su lugar en el mundo o, quizás más exactamente, que perdiese el propio mundo en el que vivía y sobre el que pensaba, viéndose obligado a *transformar y sustituir* no sólo sus conceptos y atributos fundamentales, sino incluso *el propio marco de pensamiento* (Koyré, 1999, p. 6 énfasis agregado).

2.2. El pensamiento como proceso de modelización

El filósofo y poeta Paul Valéry dice: "No razonamos más que a través de modelos". El pensamiento puede ser concebido como un proceso a través del cual construimos modelos con los cuales observamos, cuestionamos e interpretamos el mundo, nuestra relación con los otros y con nosotros mismos. El concepto de *modelo mental* es una hipótesis plausible de las ciencias cognitivas que sugiere que los individuos construyen representaciones cognitivas de las situaciones prácticas en las que actúan (Johnson-Laird, 1983; 1987). El lógico Jean-Blaise Grize plantea que "toda acción, todo comportamiento y, en particular, todo discurso reposa sobre el modelo mental de una realidad específica" (Grize, 1993, p. 3). De manera que un modelo mental representa el *punto de vista* de un observador X sobre una experiencia Z.

A partir de la observación de Valéry, el pensador sistémico Jean-Louis Le Moigne (1990, p. 15) se interroga acerca de "cómo construimos los modelos a través de los cuales razonamos". Puede afirmarse que los modelos son estructuras históricas, sociales y cognitivas elaboradas a través del lenguaje y la comunicación social. Los modelos son históricos porque no son inmutables, sino que cambian con el tiempo. Además, son sociales por ser irreductibles a la mente individual y porque suponen una materia social proveniente del lenguaje y la cultura. Finalmente, los modelos son construcciones cognitivas porque constituyen una forma de conocimiento.

Los *modelos mentales* son construcciones cognitivas individuales puesto que son elaboraciones personales y no compartidas por otras personas (van Dijk, 1999). Sin embargo, esto no implica afirmar que los modelos mentales sean producciones cognitivas asociales. Bien por el contrario, la elaboración de un modelo mental entraña necesariamente el lenguaje interno como material simbólico inherente al ejercicio del pensamiento (Voloshinov, 1976, pp. 25-26). La psicología histórico-cultural sugiere que el pensamiento es lenguaje interiorizado (Vygotski, 1995). Esta perspectiva permite superar el principio de *tercio excluso* de la lógica clásica que conduce a establecer una disyunción entre lo mental y lo social, lo cognitivo y lo cultural, lo individual y lo colectivo. En este sentido, la sociedad y la cultura constituyen un *tercio incluso* constitutivo del pensamiento individual.

Los modelos mentales, aunque construidos con el lenguaje interior, son estructuras no comunicativas en el sentido que no presuponen el discurso y la interacción socio-verbal entre sujetos. A este respecto, Grize (2012) propone el concepto de *esquematización* para señalar la formulación discursiva de un modelo mental. Es justamente la dimensión comunicativa del lenguaje la que permite comprender la construcción de *representaciones sociales,* es decir modelos mentales socialmente producidos y compartidos a través del discurso, la comunicación y las prácticas sociales (Moscovici, 1979; van Dijk, 1999).

Dicho esto, puede afirmarse que un modelo es una estructura simbólica construida con un lenguaje. Sin lenguaje no hay modelo. La idea de los modelos como construcciones lingüísticas es útil para pensar y distinguir entre modelos construidos en *lenguaje natural* y en *lenguaje artificial.* Las representaciones sociales son *modelos basados en lenguaje natural* que emergen de las interacciones sociales, cognitivas y comunicativas del mundo de la vida cotidiana. Son también *modelos implícitos* puesto que no son construidos de modo intencional y deliberado por los actores sociales.

Por otro lado, la modelización como práctica científica es el trabajo de construcción de *modelos explícitos*, es decir, una actividad deliberada orientada a concebir, diseñar y construir modelos. Marvin Minksy (1965) propuso una de las conceptualizaciones con mayor valor heurístico: «Para un observador B, un objeto A* es un modelo de un objeto A en la medida que B puede usar A* para responder preguntas que le interesen sobre A». Esta definición permite distinguir al sujeto modelizador (B) del objeto de la modelización (A), y concebir al modelo como un instrumento de conocimiento de éste último (A*). Además, permite pensar que todo modelo se construye en función de una pregunta, y por ende, implica la concepción de un problema. Esto permite observar la naturaleza práctica de los modelos en la medida en que todo modelo es construido por alguien (sujeto de la modelización), sobre algo (objeto de la modelización) y para algo (fines de la modelización), es decir por qué, para qué y para quién se construye un modelo. Esta última cuestión permite señalar que todo modelo está mediado por intereses que guían su construcción. Por esta razón, los modelos no son axiológicamente neutrales.

Los modelos científicos pueden estar formulados tanto en lenguaje natural como formal. En el primer caso, puede hablarse de modelos discursivos construidos con el lenguaje teórico y conceptual de una ciencia determinada. Utilizamos el adjetivo 'discursivo' para enfatizar que se trata de modelos no formales[2]. Los modelos

[2] El pensamiento natural y la lógica discursiva (Grize, 1996; 2012) que caracteriza al pensamiento de sentido común también es imprescindible en ciencia incluso cuando el pensamiento científico pueda caracterizarse como un pensamiento formal basado en operaciones lógico-matemáticas (Piaget, 1978). Esto es así por varias razones: (i) "ningún pensamiento, ninguna concepción, puede prescindir del lenguaje ordinario" (Morin, 1986, p. 203); (ii) la práctica científica requiere del diálogo, la comunicación y la comprensión entre los científicos y, por lo tanto, del lenguaje natural; (iii) las teorías y conceptualizaciones científicas utilizan un lenguaje especializado derivado del lenguaje natural. El fenomenólogo Alfred Schütz decía que el conocimiento científico producido por las ciencias sociales son construcciones de segundo orden puesto que son modelos elaborados sobre las tipificaciones de sentido común. El positivista lógico Otto Neurath acuñó el término *ballunguen* para destacar que el lenguaje de la

cualitativos producidos por las ciencias sociales y las humanidades son un ejemplo de modelos discursivos. En el caso de los modelos formales se trata de modelos construidos en base a un *lenguaje artificial*, por ejemplo los modelos matemáticos (modelos basados en ecuaciones), los modelos estadísticos (basados en relaciones entre variables), y los modelos de simulación computacional (modelos escritos en un lenguaje de programación). Todo modelo formal es siempre una abstracción y simplificación de un modelo conceptual y de un modelo mental sobre el que descansa.

Para concluir, el pensamiento social y el pensamiento científico son procesos de construcción de modelos que se diferencian por el lenguaje que emplean así como por sus finalidades y niveles de formalización.

2.3. El pensamiento como proceso de problematización

Un *problema* no es un dato de la realidad empírica. Esto quiere decir que un *problema* no está dado en la experiencia inmediata de modo positivo e independiente de un sujeto de conocimiento (García, 2000; 2006). Por el contrario, todo problema es el resultado de un *proceso de problematización* y, por lo tanto, una construcción emergente de una práctica social y cognitiva. Según Michel Foucault, problematizar "no quiere decir representación de un objeto preexistente, así como tampoco creación mediante el discurso de un objeto que no existe" (Foucault, 1999a, p. 1007). El punto crucial para Foucault consiste en que *la problematización* involucra un *trabajo del pensamiento* a través del cual éste elabora las condiciones acerca de "cómo y por qué ciertas cosas (una conducta, un fenómeno, un proceso) se convierten en un *problema*" (Foucault, 1988, p. 17, énfasis en el original).

Desde esta perspectiva, el pensamiento puede ser caracterizado como una práctica o trabajo a través del cual los seres humanos construimos fragmentos de nuestra experiencia como problemas (Foucault, 1999b). Pensar es ejercitar el arte de la problematización, es decir, el arte de la concepción de nuevas preguntas y problemas (Morin, 1986). El concepto de *sistema de pensamiento* alude al proceso mental y social, cultural y cognitivo a través del cual los individuos, los grupos y las sociedades humanas problematizan una experiencia. Un problema, cualquiera sea su tipo (social, político, económico o científico), es una experiencia constituida como objeto para el pensamiento a través de un proceso de problematización. De modo tal que diferentes sistemas de pensamientos conducen a formas distintas de problematización.

Si el razonamiento precedente es plausible, entonces, puede afirmarse que nuestro sistema de pensamiento condiciona tanto el tipo de problematización que se construye como las soluciones que se elaboran. Así, una problematización delimita no sólo el dominio y alcance de lo que se define como problema, sino que condiciona,

---

ciencia es necesariamente inexacto, una combinación de términos precisos propios del quehacer científico y otros más vagos e imprecisos provenientes del lenguaje común (Gómez, 2008; Neurath, 1983). En suma, el pensamiento científico no es equivalente al pensamiento formal (lógico-matemático) ni puede reducirse a este. Bien por el contrario, el pensamiento científico expresa la articulación compleja del lenguaje natural y formal.

además, el campo de respuestas posibles. Por lo tanto, la transformación de un problema está ligada no sólo a la búsqueda de nuevas soluciones, sino fundamentalmente, al análisis crítico de lo que Edgar Morin (1998) denomina *paradigmas*, esto es, el examen de los principios organizadores de un sistema de pensamiento en el que se sustenta lo que se experimenta y conceptualiza como problema.

Ilustremos esta idea con un breve ejemplo de la historia de la ciencia. Toda la física desde Aristóteles hasta Galileo se hizo una misma pregunta: ¿qué es el movimiento? Para Aristóteles el estado natural de los cuerpos es el reposo de modo tal que en ausencia de una fuerza el movimiento desaparece. El principio de inercia, formulado por Galileo y sintetizado en la primera ley de movimiento de Newton[3], fue imposible de imaginar y concebir por el sistema de pensamiento occidental durante más de dos mil años. Más aún, antes de Galileo la idea de movimiento permanente no ocasionado por la acción constante de una fuerza fue rechazada como absurda. (Piaget *et al.* 2008, p. 232).

Un texto chino del siglo quinto a.C. afirma "la cesación del movimiento se debe a una fuerza opuesta. Si no hay fuerza opuesta, el movimiento nunca se detendrá […] Esto es tan cierto como que una vaca no es un caballo" (Piaget *et al.* 2008, p. 232). Más de dos mil años antes de Galileo y del principio de inercia, la civilización china había imaginado una concepción de movimiento similar a la de los modernos y sin embargo, no desarrollaron una mecánica ni una física como la de Galileo y Newton. ¿Cómo es posible? Según el análisis sociogenético realizado por Rolando García (2000), en el sistema de pensamiento chino, el devenir y el cambio es el estado natural del mundo y, por lo tanto, no requiere ser explicado; mientras que en el sistema de pensamiento aristotélico-tomista, el mundo es estático y, en consecuencia, el principio de inercia no resulta concebible. Ambos sistemas de pensamiento bloquean por vías diferentes un modo de objetivación -que sí desarrollaron los modernos- en el cual el movimiento inercial se constituyó en objeto de un nuevo saber: la física clásica.

La revolución científica sintetizada en los *Principia* de Newton consistió en la invención de una nueva pregunta ¿cómo se produce el movimiento? La respuesta ya no se plantea en términos de sustancias y finalidades, sino de la relación entre la acción de fuerzas que afectan a los cuerpos independientemente del tiempo.

La reorganización de un sistemas de pensamiento no procede por el hallazgo de nuevas respuestas a las preguntas establecidas ni por una ampliación acumulativa de conocimientos, sino por la invención de "nuevas preguntas que permitieron formular los problemas de manera distinta" (Piaget *et al.* 2008: 228). Ahora bien, cambiar de pregunta conductora es lo más difícil por cuanto implica "cambiar las bases del punto de partida de un razonamiento o una teoría" (Morin, 1991: 238), esto es, transformar el paradigma o principio organizador del sistema de pensamiento. Un paradigma condiciona una forma de problematización, esto es, el campo de las preguntas

[3] La primera Ley dice así: "todo objeto continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta a menos que sea obligado a cambiar ese estado por fuerzas que actúen sobre él"

pensables, de los problemas considerados aceptables y de las ideas concebibles e imaginables. Es por esta razón que la investigación teórica y empírica de problemas sociales concretos es inseparable de la problematización de los paradigmas que estructuran nuestro sistema de pensamiento y la forma en que problematizamos la experiencia.

2.4. Complejidad del pensamiento y pensamiento complejo

Uno de los rasgos distintos de la obra de Edgar Morin (1986; 1990) consiste en problematizar el pensamiento como un fenómeno complejo. Más aún, el trabajo antropológico de Morin (1973; 2001) permite destacar que el pensamiento es un rasgo distintivo de la complejidad humana[4]. En efecto, todas las expresiones de la cultura humana están mediadas por el pensamiento: el arte, la poesía, la ciencia, la filosofía, la política, la economía, la técnica. El pensamiento es un fenómeno que emerge de la articulación de la complejidad biológica y la complejidad sociocultural siendo irreductible a cada una de estas instancias. Desde un punto de vista evolutivo, puede señalarse que la hominización comprende un proceso de cerebralización, es decir, de aumento y complejización del aparato neuro-cerebral. La creciente complejidad socio-cultural de las sociedades humanas está posibilitada por, pero no se reduce a, la complejidad biológica del cerebro (Morin, 2001). La emergencia de la mente, la consciencia y la inteligencia es inconcebible sin el desarrollo del lenguaje de doble articulación, el cual es a su vez inconcebible sin el incremento de la complejidad cerebral (Morin, 1986). El pensamiento, el cerebro, el lenguaje y la cultura están unidos en un proceso recursivo (Morin, 1973; 2001).

A partir del trabajo de Morin, es posible distinguir entre el pensamiento como *objeto de conocimiento* y como *método de conocimiento.* El primer caso supone un proceso de objetivación del pensamiento a partir del cual éste puede ser concebido como objeto de indagación, de reflexión, de experimentación. En definitiva, la construcción del pensamiento como objeto de estudio permite investigar el pensamiento a nivel teórico o empírico, científico o filosófico con el fin de producir conocimiento sobre dicho fenómeno. La complejidad del *pensamiento como objeto* de conocimiento reside, fundamentalmente, en que los procesos que lo constituyen pertenecen al dominio de distintas disciplinas. El pensamiento es al mismo tiempo un fenómeno neuronal, biológico, físico-químico, lingüístico, psicológico, social, cultural e histórico. Cada disciplina es una instancia necesaria pero en sí misma insuficiente para elucidar la complejidad del pensamiento. Es por esta razón que se vuelve cada vez más necesario concebir un programa de investigación interdisciplinario sobre los sistemas de pensamiento como sistemas complejos.

Por otro lado, la idea de *método de pensamiento* puede caracterizarse como un "arte dialógico de la concepción" (Morin, 1986, p. 205). Examinemos esta aserción a

[4] Para profundizar en la antropología compleja de Edgar Morin, véase (Gómez García, 2003; Solana Ruiz, 2001).

través de tres interrogantes ¿por qué un arte?, ¿por qué un arte dialógico? y ¿por qué un arte de la concepción? En primer lugar, la idea de arte remite tanto a una *praxis* (acción) como a una *poiesis* (producción). En relación con la idea de praxis, la epistemología genética ha mostrado empíricamente que el pensamiento comienza con la acción del sujeto sobre el objeto y se desarrolla, primero, a través de la coordinación de esquemas de acción y luego, de las conceptualizaciones (García, 2000). Por esta razón, Piaget (1973) afirma que el pensamiento es acción interiorizada. Además, la noción de arte enlaza la creatividad del artista en la concepción de nuevas ideas con la habilidad del artesano en la producción de nuevos objetos. La creatividad y la habilidad del pensar son aprendizajes mediados por el hábito, la experiencia y la práctica en un contexto social y cultural específico. De este modo, un método de pensamiento es una forma de practicar el pensamiento racional que incluye la creatividad, la praxis, el aprendizaje y el arte.

En segundo lugar, ¿por qué un arte dialógico? El concepto de dialógica elaborado por Morin remite a la unión complementaria y antagonista de dos lógicas o principios contrapuestos (Morin, 1986). La praxis de pensamiento comporta la dialógica entre una pluralidad de operaciones cognitivas, como por ejemplo, analizar–sintetizar; distinguir–relacionar; inducir–deducir; unir lo separado–separar lo que está unido, entre otras (Morin, 1986, p. 199). La dialógica también se distingue de la monológica, es decir, una lógica unidimensional que no puede concebir la complementariedad de ideas contrarias.

Adicionalmente, la noción de dialógica remite al diálogo y, en este sentido, puede asociarse con la etimología de la palabra dialéctica que proviene del verbo griego *dialégomai:* 'arte del diálogo y contraposición argumental'. El diálogo es un proceso discursivo que presupone un vínculo con otro. Aunque el pensamiento supone siempre una dimensión cognitiva individual, el desarrollo del pensamiento implica la mediación reflexiva del otro, como dice Ricoeur (1996) "el otro es constitutivo del sí mismo". Así, en la perspectiva de Morin, la práctica de un método de pensamiento requiere aprender a pensar por uno mismo y aprender a pensar con otro.

Finalmente, ¿por qué un arte de la concepción? el concepto de concepción alude a la creación de una novedad cualitativa. Puede decirse que pensar es concebir nuevas ideas, nuevos conceptos, nuevas preguntas, nuevos objetos, nuevas obras. La noción de concepción enlaza la idea de creatividad, imaginación e innovación: pensar es imaginar creativamente la novedad, es decir, concebir lo no advenido a la existencia. Por esta razón, puede afirmarse que nuestra práctica de pensamiento es nuestro recurso metodológico más preciado. Lo propio del pensamiento no es contemplar ni reflejar un mundo exterior, sino transformar (Piaget, 1973). El pensamiento es una praxis constructiva, de carácter social y cognitivo, que permite crear, organizar y transformar relaciones entre objetos, acciones y conceptualizaciones. Un método de pensamiento es una práctica del pensar que permite construir nuevo conocimiento.

Una práctica o método de pensamiento supone dos niveles de análisis: el pensamiento de primer orden y el pensamiento de segundo orden. Por un lado, el pensamiento de primer orden es un pensamiento centrado en el objeto. En este sentido,

la práctica de pensamiento consiste en un proceso de objetivación a través del cual una experiencia se constituye como objeto para el pensamiento. Toda ciencia, todo arte, toda acción y decisión supone un pensamiento de primer orden a través del cual se problematiza, organiza e interpreta una experiencia.

Por otro lado, el pensamiento de segundo orden comprende el desarrollo del pensamiento del pensamiento, esto es, un movimiento reflexivo por el cual el pensamiento se constituye en objeto para sí mismo. Este nivel de análisis ha sido denominado de diversos modos: reflexividad, meta-cognición, conocimiento de segundo orden, epistemología compleja o conocimiento del conocimiento.

La formación de un pensamiento complejo, sugerida por Edgar Morin (1977; 1990), constituye un tipo de método o praxis del pensamiento racional. El pensamiento complejo como método supone la articulación creativa y rigurosa de métodos de objetivación (pensamiento de primer orden) y métodos reflexivos (pensamiento de segundo orden). Una práctica compleja del pensamiento implica la construcción de un pensamiento capaz de pensarse a sí mismo con el fin de problematizarse, conocerse y auto-criticarse. En este sentido, el desarrollo del pensamiento complejo es una estrategia para la construcción de un conocimiento reflexivo. La meta de un pensamiento del pensamiento no es otra que elucidar, problematizar y criticar la organización de los sistemas de pensamiento o paradigmas, es decir, las estructuras mentales con las cuales percibimos, interrogamos, comprendemos y organizamos el mundo de la experiencia.

3. Objetividad y reflexividad en el estudio interdisciplinario de problemas complejos

En las últimas tres décadas se ha desarrollado de modo vigoroso la producción teórica, la investigación empírica y la reflexión filosófica sobre sistemas complejos, ciencias de la complejidad y pensamiento complejo, entre otras numerosas expresiones alusivas al vasto y heterogéneo campo de 'la complejidad' (Gell-Mann, 1995; Morin, 1977; Prigogine y Nicolis, 1997). Sin embargo, se destaca una notable carencia: pocos o nulos esfuerzos han sido dirigidos a pensar y desarrollar la categoría de *problemas complejos* de modo epistemológicamente riguroso y metodológicamente operativo para conducir a investigaciones colectivas de problemas concretos de las sociedades contemporáneas.

El objetivo de esta sección es proponer y bosquejar la categoría de problemas complejos. Asimismo, se conjetura que la investigación empírica de problemas complejos requiere articular métodos de objetivación (como las estrategias de modelado y simulación de sistemas complejos) y métodos reflexivos (como la estrategia de conocimiento del pensamiento complejo). Ambos métodos permiten destacar el entrelazamiento de dos dimensiones de la complejidad: la complejidad objetivada y la complejidad reflexiva. Primero, *la objetivación de la complejidad* es indispensable para explicar la organización, el funcionamiento y la dinámica de un

problema complejo, así como para imaginar y visibilizar alternativas estratégicas para su transformación. Segundo, *la complejidad reflexiva* es necesaria para construir un meta-punto de vista que permita objetivar el paradigma que organiza nuestro sistema de pensamiento y, por consiguiente, pensar cómo pensamos la complejidad de un problema y los modos de objetivación de una experiencia. En suma, puede decirse que la concepción de un problema complejo implica un bucle recursivo entre los procesos de objetivación y los procesos reflexivos.

¿Por qué un problema puede ser denominado 'complejo'? ¿Qué es lo que hace 'complejo' a un problema? Existe un amplio debate acerca de la definición del término 'complejidad' (Edmonds, 1999). Sin embargo, la definición de un término no es siempre un buen punto de partida teórico y epistemológico para una investigación. De hecho, en toda ciencia hay conceptos que no se definen, por ejemplo, la matemática define 'número natural', 'número primo', etcétera, pero no define número (García, 2000). De manera que en lugar de elaborar una definición de complejidad, se propone conceptualizar cuatro dimensiones relevantes para caracterizar la noción de problemas complejos: la dimensión ético-política (apartado 3.1), la dimensión práctica (apartado 3.2), la dimensión epistémica (apartado 3.3) y la dimensión metodológica (apartado 3.4), lo que permite elaborar una síntesis provisional del concepto de problema complejo (apartado 3.5). No se afirma que ésta sea la única conceptualización posible. Bien por el contrario, lo que se sostiene es que se trata de una conceptualización relevante para pensar la complejidad de los problemas fundamentales de las sociedades contemporáneas.

3.1. La dimensión ético-política de los problemas complejos

Como se dijo previamente un problema no está dado en la realidad inmediata, sino que es una construcción emergente de un proceso de problematización. Este proceso implica que un aspecto de la experiencia (denominado 'el sistema observado') es percibido, evaluado y concebido como problemático por alguien -un individuo, un grupo, una comunidad, una sociedad- (denominado 'el sistema observador'), en virtud de ciertos valores, creencias y conocimientos. Por consiguiente, la objetivación de una experiencia como problema implica juicios de valor. Un proceso de problematización es un proceso valorativo a través del cual un sistema observador juzga y evalúa una experiencia como problemática. A través de ese proceso, un sistema observador identifica, selecciona y abstrae aspectos, relaciones, datos e informaciones de la realidad empírica para construir una experiencia como problema. La etiqueta 'problema complejo' asociada a un 'fenómeno empírico' alude a la construcción de un 'sistema observado' por parte de un 'sistema observador'.

¿Por qué una experiencia se vuelve problemática? Por múltiples razones diferentes. En efecto, factores de muy diverso talante se entrelazan en un proceso de problematización: factores políticos, económicos, sociales, culturales, conocimientos científicos, opiniones, juicios éticos, valores, opiniones, creencias.

El punto crucial es que los problemas de la vida social, política, económica y ecológica son complejos porque implican lo que Putnam (2004) ha denominado imbricación o entrelazamiento (*entanglement*) entre juicios de hecho y juicios de valor. Por ejemplo, el proceso de "salinización de los suelos" implica no sólo un juicio de hecho sobre la realidad objetiva, sino también una postura ético-política acerca de las implicancias de dicho proceso para el medio ambiente y la producción de alimentos en un sistema socio-agro-ambiental. En los problemas complejos no es posible separar el componente "fáctico" (descriptivo-explicativo) del componente "axiológico" (ético-político).

Los problemas complejos son experiencias de la vida social que se juzgan como problemáticas porque afectan la vida misma (de los seres humanos y de la naturaleza). En el límite, un problema complejo es una situación indeseable o intolerable en términos éticos. El estudio teórico y empírico de los problemas complejos demanda una reflexividad axiológica para explicitar los aspectos éticos y políticos que intervienen en el proceso de concepción, observación y objetivación de un problema complejo. La problematización de la dimensión axiológica puede sintetizarse en el siguiente interrogante ¿por qué y para quién investigar un problema complejo?

3.2. La dimensión práctica de los problemas complejos

La investigación de problemas complejos articula dos principios: 'investigar para conocer' e 'investigar para actuar y transformar'. Efectivamente, un problema complejo es una situación juzgada como no deseable (ecológicamente, éticamente, socialmente, humanamente) en función de ciertos valores. De modo tal que un problema complejo entrelaza dos imperativos: un imperativo epistémico y un imperativo práctico. El primero plantea la necesidad de explicar y comprender un problema complejo, es decir, elaborar un diagnóstico riguroso tanto sobre el proceso de estructuración del sistema observado (su historia) como sobre la organización y comportamiento actual del sistema (el presente). El segundo plantea el desafío de actuar sobre el sistema para transformarlo y hacer que evolucione hacia una situación (social, ecológica, ética) más deseable (el futuro). De modo tal que un problema complejo entrelaza tres tiempos: pasado, presente y futuro.

Este abordaje epistémico y práctico de los problemas complejos conforma lo que Oscar Varsavsky (1975; 1982) denominó un *enfoque constructivo,* puesto que su finalidad estratégica es transformar un problema complejo en una situación más deseable. La pregunta crucial es ¿más deseable para quién?, ¿quién decide y define qué es lo deseable? Para problematizar esta cuestión, proponemos distinguir tres lógicas del enfoque constructivo: lo deseable, lo posible y lo probable.

- La lógica de lo deseable implica la construcción de un *modelo de futuro,* es decir una representación expectativa del porvenir ¿cómo deseamos que esta situación experimentada como problemática sea en el futuro? La construcción de un modelo de futuro implica explicitar 'finalidades' y 'valores'. Mientras que una finalidad, especifica la meta u objetivo que se

desea alcanzar en el futuro; los valores son necesarios para elegir y decidir entre finalidades que son evaluadas como más o menos deseables. Un modelo de futuro es un concepto ético-político y un tipo particular de modelo normativo. La pregunta crucial es ¿de quién son los valores tomados en cuenta en la concepción y construcción de un modelo de futuro? Este interrogante permite distinguir entre los modelos *top-down* construidos de modo jerárquico o descendente por los gestores, directivos, decisores, planificadores, técnicos o investigadores; y los modelos *bottom-up* construidos de modo emergente y participativo con una multiplicidad de actores involucrados en la problemática.

- La lógica de lo posible implica la construcción de dos tipos de modelo: *los modelos diagnósticos* y *los modelos posibilísticos.* Los primeros se orientan a explicar la evolución histórica y la estructura actual de un sistema. Esto implica responder, por un lado, ¿cómo un sistema llegó a ser lo que es?, y por el otro, ¿cómo está organizado, cómo funciona y cómo se comporta en la actualidad? Por otro lado, los modelos posibilísticos se orientan a responder interrogantes del tipo: ¿qué podría suceder y no suceder en un sistema dada su organización actual? ¿cómo podría evolucionar un sistema en el futuro? Los modelos posibilísticos permiten explorar hipótesis del tipo *what if?* y por lo tanto resultan útiles para visibilizar alternativas, valorar su factibilidad y analizar diferentes escenarios. Los modelos posibilísticos son herramientas importantes para la planificación estratégica, la gestión de problemas complejos y la toma de decisiones puesto que ayudan a elegir entre alternativas posibles en función de los modelos de futuro construidos.
- La lógica de lo probable es característica de los modelos estadísticos generalmente construidos con una finalidad predictiva y basados en el cálculo de la confianza de una probabilidad.

En resumen, un enfoque constructivo de problemas complejos implica un proceso de sucesivas modelizaciones: un momento normativo orientado a la construcción de modelos de futuro; un momento explicativo orientado a la elaboración de modelos diagnóstico; un momento estratégico orientado a la producción de modelos posibilísticos para la visibilización y análisis de factibilidad de distintas alternativas; y finalmente, un momento táctico-operacional, orientado a intervenir prácticamente sobre el sistema para transformarlo.

3.3. La dimensión epistémica de los problemas complejos

La caracterización epistémica de los problemas complejos puede ser elaborada a partir de la conceptualización que Rolando García (2006) desarrolla respecto de los sistemas complejos. Sin embargo, aquí se propone distinguir entre la noción de problema complejo y de sistema complejo que García no realiza. Por un lado, un problema complejo remite a la constitución de una experiencia problematizada en la cual se encuentran entrelazados aspectos epistémicos, éticos y prácticos; mientras que

por otro lado, un sistema complejo es un modelo de un problema complejo. De modo tal que a partir de un mismo problema complejo pueden construirse distintos modelos, es decir, diferentes sistemas complejos.

Hecha esta distinción, los problemas complejos pueden ser caracterizados a través de los siguientes atributos epistémicos:

- Múltiples procesos interrelacionados que pertenecen a distintas disciplinas. Por ejemplo, en un sistema socio-agro-ambiental intervienen factores físicos-biológicos, ambientales, tecnológicos, productivos, socio-económicos, jurídico-normativos.
- Interacciones entre múltiples actores sociales, políticos, económicos.
- Múltiples escalas espaciales (local, regional, global) y temporales (corto, mediano y largo plazo).
- Múltiples niveles de organización: relación no lineal entre niveles micro, meso y macro de un sistema complejo.
- Múltiples consecuencias: económicas, ecológicas, políticas, económicas, éticas.

Esta conceptualización de los problemas complejos guarda relación con lo que Warren Weaver denominó -en un trabajo pionero- *problemas de complejidad organizada* en los que "se encuentran involucrados una cantidad considerable de factores interrelacionados en un todo orgánico" (Weaver, 1948, p. 3). Frente a este tipo de problemas Weaver distinguía, además, lo que denominó problemas de simplicidad y problemas de complejidad desorganizada. Mientras los primeros refieren a fenómenos que pueden ser analizados a partir de la relación entre pocas variables mediante *modelos mecánicos* (ej. la física clásica); los segundos involucran un número elevado de variables o elementos y pueden ser estudiados por *modelos estadísticos* (ej. la termodinámica).

Los problemas de complejidad organizada no pueden ser estudiados por modelos mecánicos ni por modelos estadísticos, sino que requieren de *modelos sistémicos*. Así, un problema complejo puede ser caracterizado por los atributos que habitualmente se emplean para describir la estructura y dinámica de los sistemas complejos: la auto-organización (Ashby, 1962; Foerster, 1960), la emergencia (Holland, 1998; Johnson, 2001), la no linealidad (Prigogine y Stengers, 1983), la sensibilidad a las condiciones iniciales (Briggs y Peat, 1989; Prigogine, 1999), el comportamiento adaptativo (Holland, 1995; Miller y Page, 2007), entre otros. Un sistema complejo es un conjunto de elementos interrelacionados cuya interacción dinámica en el tiempo produce un comportamiento agregado emergente a nivel macro cuyas propiedades y características funcionales no pueden deducirse linealmente del estudio analítico de las partes a nivel micro. Es por esta razón que los problemas complejos pueden ser investigados a través de los métodos de modelización y simulación de las ciencias de la complejidad[5].

[5] Las ciencias de la complejidad emplean distintos formalismos para modelizar la estructura y simular la dinámica de los sistemas complejos, entre los que cabe destacar: los autómatas celulares, las redes

3.4. La dimensión metodológica de los problemas complejos

El carácter sistémico de los problemas complejos plantea consecuencias metodológicas para su estudio. Un problema complejo corresponde a lo que Herbert Simon (1973) conceptualizó como *sistemas no descomponibles*. En estos sistemas, los elementos y procesos que los componen se determinan mutuamente y, en consecuencia, no pueden ser separados para ser estudiados de manera aislada e independiente. Además, los componentes de un problema complejo pertenecen al dominio de distintas disciplinas. Desde el punto de vista metodológico, la complejidad de un problema está ligada a la imposibilidad de comprenderlo sistémicamente desde una disciplina particular o mediante la simple adición de estudios disciplinarios (García, 2006).

Esta concepción de problemas complejos plantea implicancias metodológicas sobre el tipo de investigación necesaria para su estudio. Siguiendo el trabajo de Rolando García (2006), puede argumentarse que los problemas complejos requieren de una metodología de investigación interdisciplinaria. Esta metodología no supone la anulación ni la fusión de las disciplinas, puesto que el conocimiento disciplinario especializado es necesario pero insuficiente para el estudio y el diagnóstico integrado de problemas complejos. Esto permite establecer una diferencia sustantiva con las investigaciones transdisciplinarias (Nicolescu, Bianchi, Morin y Motta, 1994; Vilar, 1997), la integración de disciplinas (Wallerstein, 1996) o la formación de generalistas sistémicos (Bertalanffy, 1976). Lo que caracteriza la metodología interdisciplinaria propuesta por García es la integración de enfoques disciplinarios al comienzo de la investigación para construir un problema común y un marco conceptual compartido. La interdisciplina es un proceso que articula fases de integración y diferenciación entre las disciplinas y, por lo tanto, no es el resultado espontáneo de la constitución de equipos multidisciplinarios. Esta precisión permite establecer otra diferencia sustantiva con lo que habitualmente se denominan investigaciones "multidisciplinarias" en las que "se suelen sumar los aportes que cada investigador realiza desde su disciplina particular en torno a una problemática general que puede ser analizada desde diferentes perspectivas" (García, 2006, p. 33). Con todo, la investigación interdisciplinaria es un proceso y no un acto de coordinación de resultados de estudios disciplinarios.

3.5. Síntesis provisional del concepto de problema complejo

Un problema complejo es un meta-sistema que incluye múltiples puntos de vista de distintos sistemas observadores sobre una experiencia común que busca ser conocida y transformada porque es evaluada como no deseable. Esos sistemas observadores comprenden especialistas de distintas disciplinas, actores sociales involucrados en la problemática, políticos, planificadores y tomadores de decisión. Esa experiencia problemática constituye un sistema observado que surge de la objetivación

---

complejas, los modelos basados en agentes, la dinámica de sistemas, entre otros. Para una introducción véase (Lewin, 1995; Reynoso, 2006).

producida por la articulación de múltiples puntos de vista. Dicho sistema observado puede ser conceptualizado como un sistema complejo y estudiado por una metodología interdisciplinaria. La expresión problema complejo es el meta-sistema que articula el sistema observador y el sistema observado. Mientras que las ciencias de la complejidad ofrecen técnicas y herramientas para objetivar la complejidad del sistema observado; el pensamiento complejo ofrece una estrategia reflexiva para modelizar un meta-punto de vista que permita al sistema observador, observar su observación, objetivar su modo de objetivación, pensar su pensamiento, concebir su concepción.

4. Un modelo epistemológico para la investigación empírica de los sistemas de pensamiento

El concepto de paradigma elaborado por Edgar Morin es una herramienta teórica útil para construir un meta-punto de vista reflexivo y auto-crítico de un sistema de pensamiento. Sin embargo, la obra de Morin presenta una limitación metodológica por cuanto no ofrece una estrategia para la investigación empírica de los paradigmas. De modo tal que la pregunta crucial es ¿cómo investigar empíricamente un paradigma y cómo modelizar un meta-punto de vista de un sistema observador que pueda ayudarlo a observarse y pensarse a sí mismo? Aquí se propone un modelo epistemológico del pensamiento complejo [MEPC] como respuesta posible a este problema. Este modelo plantea el estudio empírico cualitativo y cuantitativo de las creencias científicas como estrategia para modelizar un paradigma, esto es, los principios organizadores de un sistema de pensamiento. Este modelo ha sido construido y puesto a prueba en una investigación empírica sobre el sistema de creencias de las ciencias de la complejidad y la simulación social (cita removida para garantizar el anonimato de la evaluación). La argumentación de esta sección está organizada del siguiente modo. Primero, se precisa el concepto de sistema de creencias científicas (apartado 4.1) para luego describir los sistemas de creencias como redes de proposiciones (apartado 4.2). Tras este andamiaje, se aborda la sociogénesis comunicativa de las creencias científicas (apartado 4.3). Seguidamente, se elabora una relación conceptual entre los términos de paradigma, marco epistémico y actitud para abordar la complejidad organizacional de los sistemas de creencias (apartado 4.4), lo que permite proponer una estrategia metodológica para la investigación empírica de los paradigmas (apartado 4.5). Finalmente, se ilustra la aplicación de este modelo al caso de las ciencias de la complejidad y la simulación social (apartado 4.6).

4.1. El sistema de creencias científicas

Conforme a la idea del pensamiento como proceso de modelización, según fue previamente conceptualizado, las creencias científicas son representaciones sociales compartidas por los miembros de una comunidad de investigación. Por consiguiente, las creencias científicas constituyen una forma de cognición social, esto es, modelos

mentales de carácter social. Un sistema de creencias científicas es una estructura compleja de creencias heterogéneas sobre las múltiples dimensiones de las prácticas científicas y su relación con la sociedad. Las principales dimensiones de las creencias científicas comprenden:

- *Creencias ontológicas*: representaciones sobre los objetos de conocimientos y creencias sobre la naturaleza de la realidad, qué es la realidad y cómo podemos conocerla.
- *Creencias epistémicas*: concepciones relativas a qué es y qué debe ser el conocimiento científico, y la idea de ciencia que se acepta como válida.
- *Creencias metodológicas*: concepciones relativas a los métodos e instrumentos para construir conocimiento.
- *Creencias lógico-cognitivas*: concepciones relativas a las estrategias cognitivas para construir conocimiento, representaciones sobre la propia estrategia de pensamiento y los principios de conocimiento.
- *Creencias sociales*: concepciones relativas a la relación ciencia-sociedad, ideas sobre cómo la sociedad condiciona el trabajo científico y sus consecuencias sociales, creencias normativas acerca de cómo debería ser la relación entre la ciencia y la sociedad, concepciones acerca de la responsabilidad social de la ciencia y del científico.
- *Creencias axiológicas*: concepción acerca del rol de los valores (éticos, sociales, políticos) en el proceso de construcción de conocimiento científico.
- *Creencias antropológicas*: concepciones sobre el rol del sujeto de conocimiento.

Un sistema de creencias es un conjunto organizado de ideas, creencias, representaciones, valores y actitudes de una comunidad científica. Como construcciones socio-cognitivas, las creencias científicas son un tipo de conocimiento socialmente producido y compartido que permite estructurar una visión funcional del mundo. En este sentido, las creencias científicas constituyen esquemas compartidos de acción y comunicación que permiten la estructuración práctica de la vida científica. En consecuencia, las creencias científicas juegan un rol crucial en la organización de las prácticas científicas puesto que permiten entenderse acerca de lo que se hace, cómo se lo hace y con qué se lo hace.

Las creencias científicas constituyen la noosfera del pensamiento científico[6], en el sentido en que los científicos razonan en base a sus creencias. Asimismo, las creencias intervienen en la formación de modelos mentales con los cuales los científicos elaboran esquemas interpretativos de los contextos prácticos en los que

[6] El término noosfera fue acuñado por Teilhard de Chardin (1965) en la obra *El fenómeno humano.* Edgar Morin retoma este concepto para referirse a la esfera de las cosas del espíritu producidas por la mente humana en el seno de una cultura; y propone, asimismo, la constitución de la *noología*, una ciencia orientada al estudio de la auto-organización de los sistemas de ideas (Morin, 1991, pp. 111-115).

actúan. En conclusión, las creencias científicas, socialmente construidas y compartidas, brindan el marco socio-cognitivo del pensamiento científico.

4.2. Los sistemas de creencias como redes de proposiciones

La psicología cognitiva plantea que las creencias se ubican en una dimensión de la mente llamada memoria semántica, consistente en un tipo de memoria a largo plazo que permite almacenar representaciones mentales permanentes (Best, 2002, pp. 116-119; Bruning, Schraw, Norby y Ronning, 2005, pp. 46-52)[7]. De acuerdo con van Dijk (1999, p. 48) las creencias sociales son representaciones mentales compartidas alojadas en la memoria social. Conforme estos aportes, puede afirmarse que las creencias científicas se ubican en una memoria semántica de tipo social. Por consiguiente, las creencias científicas son construcciones mentales, sociales y compartidas.

Las ciencias cognitivas y la psicología cognitiva de la memoria han propuesto diversos modelos para describir el modo en que se representan y organizan los contenidos de la memoria semántica. Ross Quillian (1968) propuso uno de los primeros modelos según el cual la información se organiza en redes de proposiciones. Una proposición consiste en la vinculación entre dos nodos o conceptos mediante una relación significativa (Hernandez Forte, 2005, p. 61). La proposición es la unidad mínima de procesamiento de información de la memoria (Gagné, 1991, p. 77). Las proposiciones "permiten independizar las expresiones léxicas, gramaticales y sintácticas de las oraciones del *lenguaje natural*, representando su significado en un *código semántico*" (Rodríguez, 2010, p. 220). Por esta razón, las proposiciones no son equivalentes a las frases o las oraciones. La diferencia estriba en que "las palabras, sintagmas y oraciones representan formas de comunicar ideas, mientras que las proposiciones representan las ideas propiamente dichas" (Gagné, 1991, p. 82). Desde esta perspectiva, las proposiciones se articulan constituyendo redes proposicionales que permiten representar significativamente el contenido almacenado en la memoria semántica, por lo que la memoria semántica tiene una estructura reticular (Cabeza, 1987, pp. 84-85).

Desde este enfoque, las creencias científicas pueden ser descriptas mediante redes significativas de proposiciones alojadas en la memoria social de un grupo (van Dijk, 1999, pp. 39-40). En consecuencia, las creencias científicas no son objetos mentales discretos, aislados e independientes unos de otros, sino que conforman un conjunto reticular organizado de proposiciones.

[7] La psicología cognitiva distingue tres tipos de memoria: la memoria sensorial (MS), la memoria de corto plazo (MCP) y la memoria de largo plazo (MLP) (Best, 2002, pp. 107-119). Esta última fue dividida por (Tulving, 1972) en dos constructos: la memoria episódica y la memoria semántica. La memoria episódica almacena eventos, sucesos o episodios concretos de la vida de un sujeto, por lo que se trata de una memoria personal vinculada a la biografía del individuo. Por otro lado, la memoria semántica representa el "conocimiento organizado que una persona tiene sobre las palabras y otros símbolos verbales, su significado, sus referentes y sus relaciones entre ellos" (Tulving, 1972, p. 386).

4.3. La sociogénesis comunicativa de las creencias científicas

Las creencias científicas son el resultado emergente de prácticas sociales cognitivas. Las creencias se elaboran a través de un proceso práctico (comunicativo, discursivo y simbólico) en el que se articula la actividad mental del individuo y la dimensión social del grupo. Se acuña el concepto de *sociogénesis de las creencias científicas* para dar cuenta del proceso socio-cognitivo a través del cual las creencias son construidas y transformadas. El vínculo crucial entre las creencias científicas socialmente compartidas y los modelos mentales individuales tiene que ser concebido a partir de la dimensión comunicacional que supone el proceso de esquematización de un modelo mental. Efectivamente, los conceptos de modelo mental y esquematización permiten conectar la cognición y el pensamiento del sujeto individual con la situación empírica en la cual los individuos dialogan y se comunican a través del discurso basado en el lenguaje natural. De esta manera, el diálogo cobra relevancia en tanto proceso práctico en el que se articulan de modo indisociable los componentes sociales y cognitivos de las creencias científicas.

Así, las categorías de diálogo e interacción socio-verbal propuestas por (Voloshinov, 1976) devienen categorías epistemológicas centrales para problematizar la sociogénesis de las creencias científicas. En la práctica científica concreta, los investigadores se relacionan a través de prácticas interdiscursivas en las cuales se ponen en juego las esquematizaciones de modelos mentales formados por las creencias científicas. La interdiscursividad es un proceso dinámico y controversial por el cual los científicos pueden arribar a consensos (creencias compartidas) o desacuerdos (creencias contrarias) sobre la situación práctica en la que actúan. Así, las creencias personales movilizadas en la elaboración de modelos mentales, "pueden ser vistas como compartidas por otros y, por lo tanto, se *generalizan* como creencias sociales" (van Dijk, 1999, p. 115 el énfasis es nuestro).

Es posible establecer una articulación conceptual entre, por un lado, el proceso de generalización de las creencias socialmente compartidas, sugerido por van Dijk y, por otro lado, los mecanismos de abstracción y generalización propuestos por la epistemología genética para dar cuenta de la psicogénesis de las estructuras formales del pensamiento (García, 1997, pp. 47-53).

Siguiendo el razonamiento de (Castorina, 2007, pp. 167-168), los mecanismos de abstracción y generalización, concebidos por Jean Piaget a nivel de la lógica operatoria, pueden ser extendidos al análisis de la lógica natural desarrollada por Blaise Grize. Estos razonamientos permiten elaborar una hipótesis teórica sobre la sociogénesis de las creencias científicas: las creencias científicas se construyen y transforman a través de la abstracción y generalización de las esquematizaciones de los modelos mentales emergentes de la práctica interdiscursiva entre los científicos. Por consiguiente, las prácticas interdiscursivas constituyen la arena de adquisición, construcción y transformación de las creencias científicas. Así como para la epistemología genética, el pensamiento es la organización de acciones interiorizadas

(Piaget, 1973, pp. 89-92), las creencias científicas son la organización de las prácticas interdiscursivas interiorizadas.

4.4. La complejidad organizacional de los sistemas de creencias: paradigma, marco epistémico y actitudes

Un *paradigma* es la pauta que conecta conjuntos heterogéneos de creencias. El paradigma es un concepto organizacional que se emplea para caracterizar el tipo de relaciones establecidas entre redes de creencias heterogéneas. Por esta razón, un paradigma carece de formulación explícita y no debe ser confundido con una teoría o corpus de conocimiento. Más bien, un paradigma comprende "las relaciones fundamentales de exclusión y/o de asociación entre conceptos primarios, es decir, las alternativas y asociaciones preliminares […] que controlan y orientan todo saber, todo pensamiento y, por ello, toda acción" (Morin, 1977, p. 430). Los paradigmas constituyen los principios organizadores del pensamiento que regulan las "operaciones de unión (conjunción, inclusión, implicación) y de separación (diferenciación, oposición, selección, exclusión)" (Morin, 1999, p. 26) entre ideas, creencias o conceptos. En consecuencia, un paradigma es endógeno al pensamiento, a la teoría, al razonamiento, al discurso; funciona como un principio generativo que modula la organización del pensamiento y de los razonamientos. Así, un paradigma carece de existencia propia (como cosa o entidad sustancial) y sólo tiene una existencia virtual. En consecuencia, un paradigma sólo existe en la medida en que es generado y regenerado por la práctica, por el pensamiento, por el discurso. Es así como un paradigma "depende de la realidad fenoménica que genera y precisa de esta realidad fenoménica para ser regenerado" (Morin, 1991: 236-237).

Por otro lado, un *marco epistémico* es un conjunto de creencias organizadas en virtud de un paradigma. El término fue acuñado por la epistemología genética para designar un sistema de pensamiento tácito que constituye una visión del mundo y condiciona las teorizaciones en diversas disciplinas sin determinar su contenido (García, 2000; Piaget *et al.* 2008). De esta manera, es importante destacar que un sistema de creencias científicas, en un determinado contexto espacio-temporal, puede estar compuesto por diversos marcos epistémicos. Más aún, marcos epistémicos rivales pueden coexistir en un sistema de creencias científicas, expresando distintas concepciones de realidad, conocimiento, ciencia, métodos de investigación, etcétera. Así, por ejemplo, dos grupos de investigación de una misma disciplina pueden manifestar creencias ontológicas y axiológicas contrarias, y compartir, no obstante, creencias metodológicas. Esto muestra la complejidad de los modos de articulación y oposición entre los marcos epistémicos que constituyen un sistema de creencias. En suma, los paradigmas refieren al modo en que se relacionan las creencias que constituyen un marco epistémico.

Para investigar empíricamente los paradigmas que organizan un sistema de creencias científicas se requiere de un dispositivo conceptual que haga de interfaz entre el nivel de las creencias científicas y el marco epistémico. Dicho de otro modo, desde

un punto de vista teórico, se requiere un concepto que permita dar cuenta cómo se agrupan y relacionan las creencias al interior de un marco epistémico. El concepto de *actitud* es una categoría teórica empleada para describir racimos de creencias científicas que integran un marco epistémico. Las actitudes son "conjuntos específicos, organizados, de creencias socialmente compartidas" (van Dijk, 1999, p. 65). Más específicamente, las actitudes consisten en "creencias evaluativas socialmente compartidas" (van Dijk, 1999, p. 55). Una creencia evaluativa es una proposición con la que uno puede estar de acuerdo o no. En suma, las actitudes expresan grados de acuerdo sobre un conjunto específico de creencias. Por este motivo, un racimo de creencias que forma una actitud se organiza en virtud de un tema, por ejemplo: creencias sobre el rol de los valores en la ciencia, creencias sobre la naturaleza de la realidad (creencias ontológicas), etcétera.

En síntesis:

- Un sistema de creencias científicas puede estar organizado por uno o varios marcos epistémicos y paradigmas.
- Un marco epistémico está compuesto por actitudes interrelacionadas y cada actitud está conformada por racimos organizados de creencias.
- Cada actitud o racimo de creencias constituye una red proposicional que forma parte de la memoria social de un grupo.
- Un paradigma es la pauta organizacional que conecta los racimos de creencias que constituyen un marco epistémico.
- Los paradigmas son un principio organizacional común al marco epistémico, a los sistemas de creencia y a los sistemas de pensamiento.
- La investigación empírica de las creencias científicas constituye una estrategia para el estudio de los paradigmas y la organización de los sistemas de pensamiento.

4.5. ¿Cómo investigar empíricamente un paradigma?

Los métodos cualitativos y cuantitativos pueden ser empleados para construir evidencia empírica de las creencias científicas y modelizar la organización de un sistema de pensamiento. En primer lugar, los métodos cualitativos resultan fundamentales para analizar la lógica discursiva en la que se expresa el pensamiento natural de los científicos. Específicamente, las técnicas de conversación, tales como la entrevista en profundidad y los grupos focales, constituyen un recurso metodológico valioso para producir evidencia empírica de los discursos científicos. Las prácticas discursivas constituyen el terreno en el que emergen formas de razonamiento, creencias y actitudes. Asimismo, la conversación brinda la posibilidad de indagar cómo el científico piensa su propio modo de pensamiento y, así, inferir estrategias meta-cognitivas.

En segundo lugar, las técnicas psicométricas de medición de actitudes, como las escalas Likert (1932), resultan útiles para la producción de evidencia empírica cuantitativa de las creencias científicas. Una escala de medición de actitudes es un

conjunto de ítems. Cada ítem es un indicador empírico de la actitud que se pretende medir. Los ítems se redactan "en forma de opiniones con las que se puede estar o no *de acuerdo. Una opinión es una actitud verbalizada,* y a través de las opiniones podemos inferir la actitud subyacente" (Morales Vallejo, Urosa Sanz y Blanco Blanco, 2003, p. 50).

Epistemológicamente, puede establecerse un puente teórico entre el concepto de creencia científica y las técnicas de medición de actitudes. En efecto, se ha argumentado que las creencias son proposiciones y las actitudes son racimos interrelacionados de creencias, es decir, redes de proposiciones. De este modo, cada ítem de una escala Likert puede considerarse como una proposición y, por lo tanto, como una creencia evaluativa. El conjunto de ítems que conforman una escala puede interpretarse teóricamente como un racimo interrelacionado de creencias evaluativas socialmente compartidas. Por esta vía, las técnicas escalares constituyen una estrategia para investigar empíricamente los sistemas de creencias científicas. Teóricamente, parece importante subordinar el empleo de la técnica de medición de actitudes al análisis cualitativo del discurso científico. En efecto, el análisis cualitativo es verdaderamente crucial para inferir y conceptualizar las creencias y actitudes a ser medidos cuantitativamente. Dicho de otro modo, sólo *a posteriori* del análisis cualitativo del discurso pueden especificarse cuántas escalas y qué ítems son necesarios para modelizar la complejidad de un marco epistémico. El análisis cualitativo es la base metodológica para la modelización cuantitativa de las creencias científicas.

Además, las técnicas de análisis estadístico multivariado constituyen una vía para modelizar la organización de un sistema de creencias científicas; en particular, se enfatiza la importancia del análisis factorial exploratorio (AF) y la regresión lineal múltiple. Por un lado, el AF resulta útil para explorar la estructura subyacente a los ítems que conforman una escala y, por consiguiente, transformar múltiples variables observables a un número reducido de variables latentes. Metodológicamente, el AF permite construir índices factoriales, mientras que teóricamente posibilita conceptualizar los constructos identificados, refinando el análisis cualitativo. Por otro lado, el análisis de regresión múltiple permite ayudarnos a comprender la relación entre distintas actitudes y racimos de creencias y, por lo tanto, a modelizar el principio organizador que estructura un sistema de creencias científicas.

La articulación complementaria entre el análisis factorial y el de regresión lineal múltiple, constituye una estrategia metodológica para comprender y explicar la magnitud y densidad de la trama de relaciones entre las creencias científicas. En otros términos, el recurso de las técnicas multivariadas permite cuantificar el complejo entramado de la organización reticular de las creencias científicas. Por esta razón, el análisis estadístico permite dar cuenta del paradigma o pauta organizacional que conecta actitudes o racimos de creencias que conforman un marco epistémico. En consecuencia, el componente cuantitativo de la estrategia metodológica permite la operacionalización estadística del constructo de marco epistémico, gestado en la

epistemología genética de Jean Piaget y Rolando García y del constructo de paradigma elaborado en el marco de la obra de Edgar Morin.

4.6. El sistema de creencias científicas de las ciencias de la complejidad

Habiendo reseñado el modelo epistemológico del pensamiento complejo [MEPC], el objetivo de este apartado es ilustrar sintéticamente la aplicación empírica de este modelo en una investigación sobre los sistemas de pensamiento. Este modelo ha sido testeado en una investigación empírica cualitativa y cuantitativa sobre al sistema de creencias científicas de las ciencias de la complejidad (cita removida para garantizar el anonimato de la evaluación). El objetivo de esta investigación fue comprender los paradigmas y marcos epistémicos que estructuran las prácticas de construcción de conocimiento de las ciencias de la complejidad.

El diseño cualitativo comprendió 53 entrevistas en profundidad con investigadores del campo de los sistemas complejos y de la simulación social, pertenecientes a siete países de América Latina y de Europa. El diseño de la investigación cuantitativa se apoyó en los resultados del análisis cualitativo de los discursos científicos. Se construyó una batería de 18 escalas Likert y un banco de 404 ítems, con la finalidad de medir empíricamente las creencias científicas de las ciencias de la complejidad.

El trabajo de campo cuantitativo se realizó por medio de una "Encuesta Global sobre prácticas de investigación en sistemas complejos y simulación social" aplicada a una muestra compuesta por 232 encuestados de 28 países. La modelización del sistema de creencias científicas se sustentó en el análisis cualitativo del discurso, el análisis factorial y la técnica de análisis de regresión lineal múltiple. La operacionalización estadística del modelo epistemológico del pensamiento complejo [MEPC] se realizó mediante el desarrollo de 59 índices sobre creencias científicas y la construcción de 22 modelos de regresión. De este modo, fue posible reconstruir la estructura de racimos de creencias que organizan los marcos epistémicos de las ciencias de la complejidad y los principios paradigmáticos que articulan sus relaciones. Una documentación completa del análisis puede encontrarse en (cita removida para garantizar el anonimato de la evaluación).

La encuesta utilizó diez escalas con 111 ítems del banco de 404 ítems, para limitar la extensión del cuestionario. La Tabla 1 presenta el análisis de confiabilidad de las diez escalas Likert empleadas para modelizar el sistema de creencias científicas de las ciencias de la complejidad:

Nº	Nombre de la Escala	Cant. ítems originales[8]	Cant. ítems definitivos[9]	Correlación inter-ítem[10]	Coeficiente Alfa[11]
1	Estrategias cognitivas del pensamiento complejo	12	**12**	**,197**	**,746**
2	Operaciones cognitivas simplificadoras	12	**12**	**,208**	**,759**
3	Finalidad de la Ciencia	12	**8**	**,291**	**,767**
4	Rol de los Valores	16	**10**	**,346**	**,841**
5	Responsabilidad Científica	12	**9**	**,295**	**,790**
6	Concepción de Realidad	12	**6**	**,294**	**,714**
7	Complejidad y subjetividad	8	**8**	**,353**	**,813**
8	Ontología de los sistemas complejos	7	**7**	**,402**	**,825**
9	Concepciones de complejidad	14	**12**	**,335**	**,858**
10	Estrategias de modelado de fenómenos sociales complejos	6		Escala eliminada por falta de validez	
	Total ítems	111	**84**		

Tabla 5.1. Análisis de confiabilidad de las escalas Likert.

El análisis factorial de las escalas Likert permitió identificar 22 constructos relevantes desde el punto de vista teórico. Para cada uno de estos constructos se realizó un análisis de confiabilidad adicional. Apoyados en el análisis factorial, se construyeron índices sobre las creencias científicas. La Figura 1 muestra una representación gráfica del análisis factorial de la escala nº4 sobre la concepción del rol de los valores en la investigación científica[12].

[8] Indica la cantidad de ítems empleada para la recolección de datos.
[9] Indica la cantidad final de ítems retenidos luego del análisis estadístico y pruebas de confiabilidad.
[10] Se recomienda que la correlación media inter-ítem se sitúe entre 0.15 y 0.50. (Cupani, 2008, p. 256).
[11] α El coeficiente Alfa (Alfa de Cronbach) varía entre 0 y 1. En cuanto a la valoración teórica de la magnitud del coeficiente, algunos autores sugieren valores mayores a .60. Nunnally (1970) sugiere una magnitud .70 como mínimo aceptable para las investigaciones teóricas. Un Alfa de al menos .85 es recomendado cuando las escalas van a emplearse para tomar decisiones sobre individuos, como en los test psicológicos.
[12] Entre paréntesis se indica la correlación ítem-total. La correlación entre un ítem y su factor representa el grado con el cual cada ítem mide el mismo constructo que el factor. Las correlaciones con valores bajos (menos que 0.2 o 0.3) indican que el ítem no está muy bien correlacionado con el factor por lo que expresa, en realidad, otro constructo.

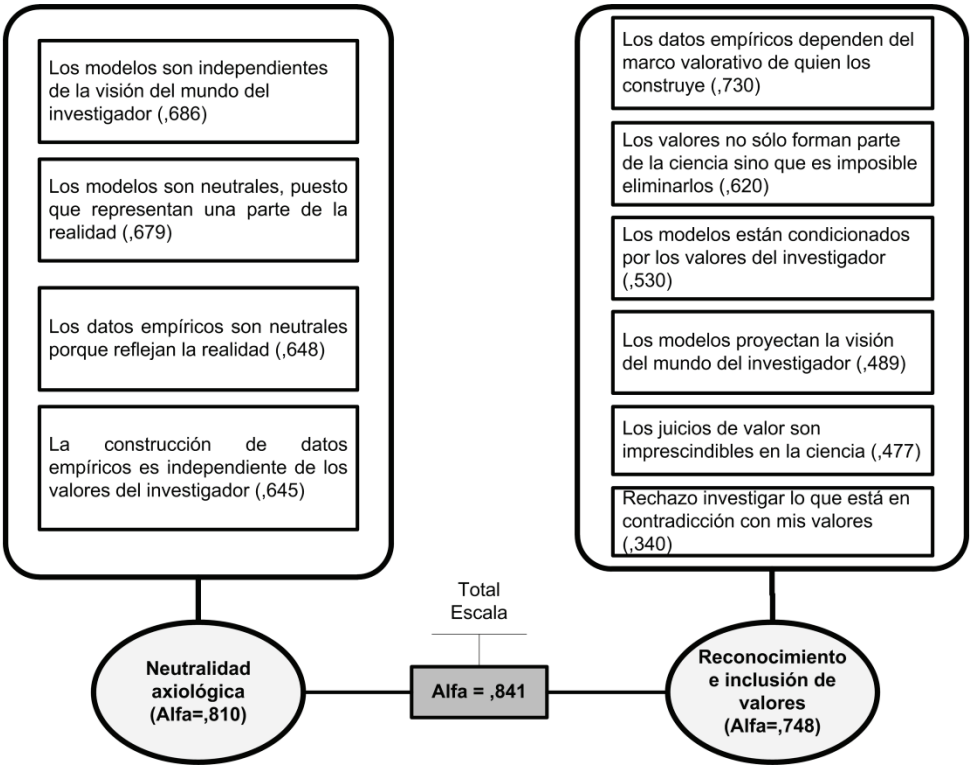


Figura 5.1. Análisis factorial de la escala Likert nº4 “Concepción sobre el rol de los valores”.

El aspecto más interesante del análisis consistió en el trabajo de modelización de las creencias científicas a través de la construcción de modelos de regresión lineal múltiple. Los veintidós modelos de regresión construidos fueron sometidos a un riguroso análisis para verificar el cumplimiento de los supuestos fundamentales del análisis de regresión (linealidad, normalidad, nula o baja multicolinealidad, ausencia de auto-correlación homocedasticidad). Estos modelos permiten reconstruir la complejidad organizacional de un sistema de creencias científicas. La Tabla 2 muestra una síntesis de los veintidós modelos de regresión.

	Constructo teórico explicado por el modelo de regresión lineal múltiple	X_n[13]	R[14]	R^2 [15]	R^2 Correg.[16]	Durbin-Watson[17]	Menor tolerancia [18]	Mayor FIV[19]
1	Concepción de Sistemas Complejos (Modelo A)	2	,629	,395	,387	2,028	,770	1,299
2	Concepción de Sistemas Complejos (Modelo B)	5	,675	,456	,437	2,041	,644	1,553
3	Concepción constructivista de los Sistemas Complejos	5	,662	,438	,418	2,103	,638	1,568
4	Concepción realista de los Sistemas Complejos	5	,541	,292	,267	2,118	,651	1,535
5	Concepción sobre el rol de los valores	2	,657	,432	,424	2,181	,760	1,315
6	Neutralidad valorativa de los modelos y los datos (Modelo A)	2	,584	,341	,332	1,936	,760	1,315
7	Neutralidad valorativa de los modelos y los datos (Modelo B)	5	,662	,438	,419	2,035	,647	1,546
8	Rol constructivo de los valores (Modelo A)	2	,589	,347	,338	2,171	,761	1,315
9	Rol constructivo de los valores (Modelo B)	5	,605	,367	,344	2,161	,651	1,535

[13] Indica la cantidad de variables independientes (X) incluidas en el modelo de regresión.

[14] El coeficiente de correlación múltiple ($R_{1.23...}$) mide la correlación entre una variable dependiente (Y) y un conjunto de variables independientes o explicativas (X_1, $X_2 \ldots X_n$).

[15] El coeficiente de determinación múltiple ($R^2_{1.23...}$) –denominado R cuadrado- expresa el porcentaje de la variabilidad de la variable dependiente que, de forma conjunta, está explicada por la variación de las variables independientes incluidas en el modelo de regresión múltiple. R^2 indica la proporción de la variancia explicada sobre la variancia total de la variable.

[16] R^2 tiende a incrementar su magnitud cuando variables adicionales son incorporadas al modelo. Para mitigar este efecto se utiliza el coeficiente de determinación múltiple ajustado (R^2_a).

[17] El estadístico Durbin-Watson se emplea para comprobar el supuesto de *homocedasticidad,* esto significa que la varianza en torno a la línea de regresión es la misma para todos los valores de la variable independiente. Cuando el supuesto de homocedasticidad es violado hay *heterocedasticidad.* El estadístico Durbin-Watson oscila entre 0 y 4. Idealmente valores entre 1,5 y 2,5 expresan homocedasticidad.

[18] El *coeficiente de tolerancia* es un indicador de la independencia de una variable explicativa (X_1) respecto de las otras variables explicativas ($X_2..X_n$) incluidas en el modelo de regresión. La tolerancia varía entre 0 y 1. "Un valor próximo a 1.0 denota la ausencia completa de *multicolinealidad:* la variable X_i no presenta ninguna correlación con el resto de variables predictoras" (Cea D'Ancona, 2002, p. 52) A mayor tolerancia (valor cercano a 1) mayor independencia entre X y el resto de las variables independientes. Los coeficientes de tolerancia se calculan para cada variable independiente. En la columna sólo se incluye la menor tolerancia.

[19] Factor de Inflación de la Variancia (FIV). El FIV es inverso a la tolerancia. A mayor FIV mayor multicolinealidad, es decir, mayor relación entre las variables independientes. "Un valor FIV de 1.0 indica la inexistencia de relación entre las variables predictoras. Valores superiores a 10,0 expresan multicolinealidad severa" (Cea D'Ancona, 2002, p. 52). Los FIV se calculan para cada variable independiente. En la columna sólo se incluye el FIV de mayor valor.

10	Concepción de la finalidad de la ciencia (Modelo A)	5	,417	,174	,145	1,528	,651	1,535
11	Concepción de la finalidad de la ciencia (Modelo B)	3	,725	,525	,517	1,795	,783	1,277
12	Rol social de la ciencia	10	,717	,513	,478	1,638	,484	2,066
13	Rol epistémico de la ciencia	10	,569	,323	,274	1,718	,476	2,103
14	Modelos simples y atributos epistémicos	4	,574	,330	,309	1,846	,779	1,283
15	Modelos simples y estrategias cognitivas	3	,504	,254	,236	1,932	,848	1,179
16	Modelos simples: estrategias cognitivas y atributos epistémicos	7	,725	,526	,499	1,797	751	1,332
17	Modelos simples y concepción de ciencia, de sujeto y de realidad	3	,291	,085	,062	1,843	,793	1,260
18	Modelos sociales participativos y atributos epistémicos	5	,627	,393	,369	1,981	,915	1,093
19	Modelos sociales participativos y estrategias cognitivas	5	,484	,235	,205	2,007	,789	1,267
20	Modelos sociales participativos: estrategias cognitivas y atributos epistémicos	10	,674	,454	,409	1,983	,759	1,318
21	Modelos sociales participativos: concepción de ciencia, de sujeto y de realidad	3	450	,202	,183	2,058	,793	1,260
22	Concepción de modelos complejos	5	,603	,364	,338	2,173	,859	1,164

Tabla 5.2. Síntesis de los 22 modelos de regresión múltiple sobre las creencias científicas.

Se han empleado mapas conceptuales para la representación gráfica de las relaciones estadísticas analizadas por los modelos de regresión. La modelización de redes de creencias con mapas conceptuales permite resumir gráficamente los resultados de dos, tres o incluso más modelos de regresión múltiple en un diagrama unificado, presentando una visión sintética de la estructura reticular de las creencias científicas. Con el objeto de producir un mapa fácilmente interpretable, se establecieron distinciones cromáticas y geométricas de los nodos de la red.

Variable dependiente	R^2	Variables independientes (X_1, X_2, X_3, X_n)
Variable dependiente (Y)	R2	Variable independiente (X)
El rectángulo color blanco se reserva para identificar la variable dependiente.	La circunferencia negra expresa el valor del coeficiente de R^2 corregido.	El rectángulo con bordes curvos es empleado para representar las variables independientes.

Tabla 5.3. Distinción cromática y geométrica para la modelización de las creencias científicas.

Aquí brindamos un breve ejemplo de un modelo visual de un marco epistémico construido por tres racimos de creencias: creencias axiológicas, creencias ontológicas y creencias antropológicas. El análisis empírico ha permitido establecer que las concepciones acerca del rol de los valores en ciencia (creencias axiológicas) están determinadas simultáneamente por la concepción de realidad (creencias ontológicas) y por la concepción del lugar del sujeto en la construcción de conocimiento (creencias antropológicas). Se ha elaborado un mapa conceptual para ilustrar este análisis por medio de la articulación de tres modelos de regresión (Ver Figura 2)[20].

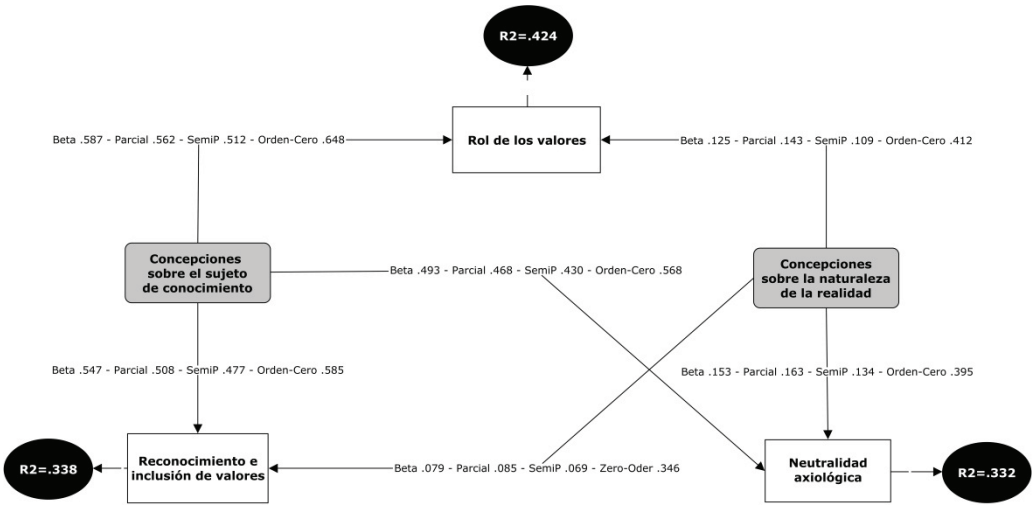


Figura 5.2. Un modelo de un marco epistémico
El mapa conceptual integra tres modelos de regresión (Modelos Nº 5, 6 y 8 de la Tabla 2).

[20] Los nodos del mapa conceptual representan las variables del modelo de regresión. Los vínculos entre los nodos muestran los coeficientes Beta, parcial, semi-parcial y las correlaciones de orden cero.
Beta es un coeficiente estandarizado (expresado en puntuaciones Z) que indica la contribución individual de cada variable independiente a la variación de la variable dependiente. Específicamente, el coeficiente Beta expresa cuantas unidades de desviación estándar se incrementa la variable dependiente cuando la variable independiente se incrementa una unidad de desviación estándar y las otras variables se mantienen constantes.
La *correlación parcial* cuantifica el grado de asociación entre dos variables luego de controlar el efecto de una o más variables independientes.
La *correlación semi-parcial* representa la contribución de una variable independiente al modelo. Indica en qué medida R cuadrado se incrementa con la inclusión de la variable en la ecuación de regresión.
La *correlación de orden cero* es la correlación bivariada entre una variable independiente y la dependiente.

Señalemos algunas breves observaciones. La concepción de realidad y la concepción de sujeto explican el 42.4% de la variación de las concepciones axiológicas (Modelo Nº 5). Sin embargo, la concepción de sujeto juega un rol notablemente más preponderante en relación a la concepción de realidad (Beta .587 y .125 respectivamente). Más aún, se destaca que las concepciones de sujeto y de realidad explican el 33.2% de la variación en la concepción que sostiene la neutralidad axiológica (Modelo Nº 6) y el 33.8% de la concepción inclusiva de los valores (Modelo Nº 8). Las creencias antropológicas contribuyen de modo similar en la explicación de las dos concepciones axiológicas, aunque la influencia es relativamente mayor en la relación entre sujeto e inclusión de valores[21]. Inversamente, las concepciones de realidad tienen mayor peso explicativo en la formación de las creencias de neutralidad axiológica (Beta .153) que en las creencias que reconocen e incluyen los valores (Beta .079).

5. Conclusiones

En este trabajo se ha intentado bosquejar una respuesta a la pregunta *cómo y por qué modelizar la complejidad de los sistemas de pensamiento.* El pensamiento y el conocimiento no son un reflejo pasivo de una realidad pre-constituida. Por el contrario, hay un bucle recursivo a través del cual el pensamiento construye la realidad al tiempo que es constituido por ésta. Es por esta razón que emergen dos desafíos concomitantes: la problematización de la realidad y la problematización del pensamiento. Estos dos desafíos se encuentran entrelazados en el estudio de los problemas complejos a los que se enfrentan las sociedades contemporáneas. Se ha acuñado la categoría de *problemas complejos* para señalar:

- Un problema complejo es una construcción socio-cognitiva que emerge de un proceso de problematización en el que intervienen juicios de valor.
- Un problema complejo articula aspectos ético-políticos, prácticos y epistémicos.
- Los problemas complejos requieren una estrategia de investigación interdisciplinaria puesto que los elementos y procesos que los componen pertenecen a distintas disciplinas.
- Un problema complejo es un meta-sistema que incluye la articulación de un sistema observado (la experiencia problematizada) y un sistema observador (la intersección de múltiples puntos de vista sobre dicha experiencia).

La investigación empírica de un problema complejo requiere simultáneamente un enfoque reflexivo acerca de cómo pensamos la complejidad de dicho problema. En suma, la objetivación y reflexividad de la complejidad son dos dimensiones

[21] Obsérvese el coeficiente Beta. La relación entre el nodo sujeto y la inclusión de valores presenta un Beta de .547 mientras que la relación sujeto y la neutralidad axiológica tiene un Beta de .493.

inseparables. Por lo tanto, se ha sugerido la importancia de articular los métodos de modelado y simulación de sistemas complejos con la estrategia meta-cognitiva del pensamiento complejo.

Se ha propuesto un modelo epistemológico del pensamiento complejo [MEPC] como una estrategia de investigación para modelizar un meta-punto de vista de un sistema de pensamiento. Con el fin de operacionalizar metodológicamente este modelo, se ha elucidado la relación teórica entre los conceptos de paradigma, marco epistémico, creencias y actitudes en la organización de un sistema de pensamiento. Se ha mostrado la pertinencia de los métodos cualitativos y cuantitativos para la producción y el análisis de evidencia empírica sobre los distintos componentes de un sistema de pensamiento, particularmente, el análisis del discurso, las técnicas psicométricas y el análisis estadístico multivariado.

A partir de este enfoque se ha conducido una investigación empírica para modelizar el sistema de creencias científicas de las ciencias de la complejidad y la simulación social. Se ha modelizado empíricamente la multidimensionalidad del sistema de creencias científicas a través de diez escalas Likert y veintidós modelos de regresión. Un sucinto resumen y una breve ilustración empírica de este trabajo fue descripta en este artículo, la documentación completa del modelo puede encontrarse aquí (cita removida para garantizar anonimato en la evaluación). Este modelo constituye un meta punto de vista crítico y reflexivo desde el cual las ciencias de la complejidad pueden observar su propio modo de pensamiento y problematizar los paradigmas que guían sus estrategias de construcción de conocimiento.

Construir un futuro mejor es un desafío político y científico que implica transformar los problemas complejos a los cuales nos enfrentamos. Para abordar la complejidad de estos problemas tenemos que aprender a pensar como pensamos. Asimismo, la ciencia puede ayudarnos a problematizar nuestro modo de pensamiento pero para ello debe ser capaz de pensarse a sí misma. Hemos ofrecidos algunas herramientas teóricas, epistemológicas, éticas y metodológicas para el desarrollo de un pensamiento complejo y una ciencia reflexiva de la complejidad.

Bibliografía

Ashby, W. R. 1962. Principles of self-organization. En Hinez Von Foerster y George W. Zopf (Eds.), *Principles of Self-Organization: Transactions of the University of Illinois Symposium*. New York: Pergamon Press. pp. 255-278.

Bertalanffy, L. V. 1976. *Teoría general de sistemas. Fundamentos, desarrollos, aplicaciones*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Best, J. B. 2002. *Psicología cognoscitiva*. México D.F.: Thomson.

Briggs, J. y Peat, D. 1989. *Espejo y reflejo: del caos al orden*. Barcelona: Gedisa.

Bruning, R. H., Schraw, G. J., Norby, M. N. y Ronning, R. R. 2005. *Psicología cognitiva y de la institución*. Madrid: Pearson.

Bunge, M. 2009. *A la caza de la realidad*. Barcelona: Gedisa.

Cabeza, R. 1987. *Temas de psciología cognitiva*. Buenos Aires: Tekné.

Castorina, J. A. 2007. *Construcción conceptual y representaciones sociales*. Buenos Aires: Miño y Dávila.

Cea D'Ancona, Á. 2002. *Análisis multivariable. Teoría y práctica en la investigación social*. Madrid: Síntesis.

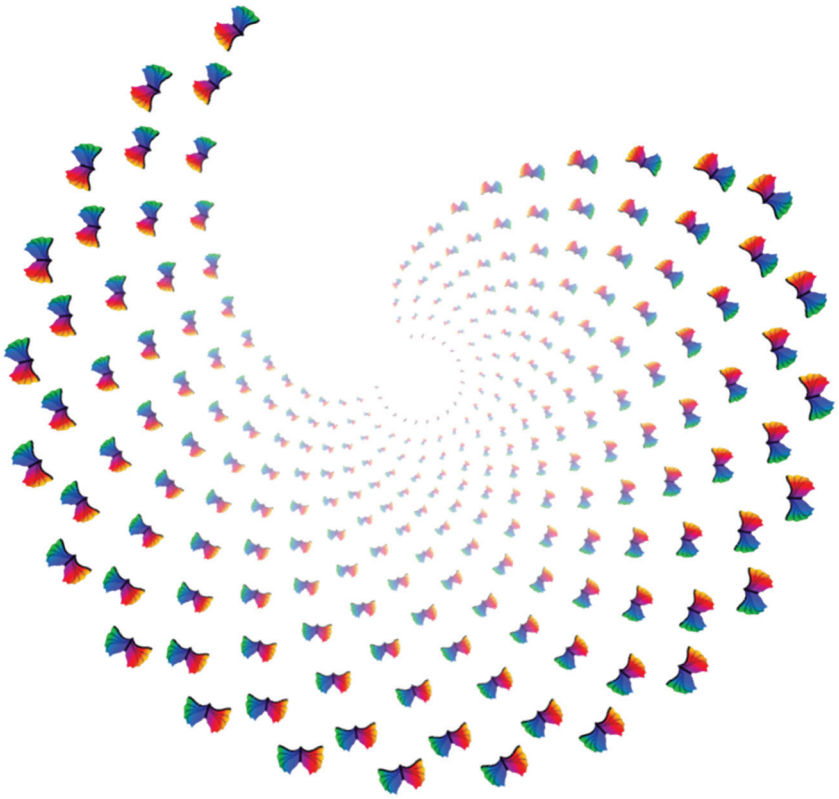
Ciurana, E. R. 2007. *Introducción al pensamiento complejo de Edgar Morin*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara Centro Universitario del Norte.
Cupani, M. 2008. Análisis psicométrico con SPSS. En Silvia Tornimbeni, Edgardo Pérez y Fabián Olaz (Eds.), *Introducción a la psicometría*. Buenos Aires: Paidós. pp. 245-267.
Chardin, T. d. 1965. *El fenómeno humano*. Madrid: Taurus.
Duveen, G. y Lloyd, B. 1990. *Social representations and the development of knowledge*. Nueva York: Cambridge University Press.
Edmonds, B. 1999. *Syntactic Measures of Complexity.* Doctor of Philosophy, Manchester Metropolitan University, Manchester.
Foerster, H. V. 1960. On Self-Organizing Systems and Their Environments. En Marshall Yovits y Scott Cameron (Eds.), *Self-Organizing Systems*. Londres: Pergamon Press. pp. 31-50.
Foucault, M. 1988. On problematization. *The History of the Present, 4*, 16-17.
Foucault, M. 1998. *Las palabras y las cosas. Una arqueología de las ciencias humanas*. México: Siglo XXI.
Foucault, M. 1999a. El cuidado de la verdad. En Michel Foucault (Ed.), *Obras esenciales*. Barcelona: Paidós. pp. 1005-1015.
Foucault, M. 1999b. Polémica, política y problematizaciones. En Michel Foucault (Ed.), *Obras esenciales*. Barcelona: Paidós. pp. 991-998.
Gagné, E. D. 1991. *La psicología cognitiva del aprendizaje escolar*. Madrid: Aprendizaje Visor.
García, R. 1997. *La epistemología genética y la ciencia contemporánea*. Barcelona: Gedisa.
García, R. 2000. *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de los sistemas complejos*. Barcelona: Gedisa.
García, R. 2006. *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa.
Gell-Mann, M. 1995. What is complexity? *Complexity, 1*(1), 16-19.
Gómez García, P. 2003. *La antropología compleja de Edgar Morin. Homo complexus*. Granada, España: Universidad de Granada.
Gómez, R. 2008. *Otto Neurath: Lenguaje, ciencia y valores. La incidencia de lo político*. California State University, Estados Unidos. Los Ángeles.
Grize, J.-B. 1993. Logique naturelle et représentations sociales. *Textes sur les Représentations Sociales, 2*(3), 1-9.
Grize, J.-B. 1996. *Logique naturelle te communications*. Paris: PUF.
Grize, J.-B. 2012. Logique naturelle et représentations sociales. En Denise Jodelet (Ed.), *Les représentations sociales*. Paris: Puf. pp. 170-186.
Hanson, R. 1958. *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*. Madrid, España: Alianza.
Hernandez Forte, V. 2005. *Mapas conceptuales. La gestión del conocimiento en la didáctica*. DF, México: Alfaomega.
Holland, J. 1995. *Hidden order: How adaptation builds complexity*. Cambridge: Perseus Books.
Holland, J. 1998. *Emergence. From chaos to order*: Reading, MA: Addison- Wesley.
Johnson-Laird, P. N. 1983. *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge: Harvard University Press.
Johnson-Laird, P. N. 1987. Modelos mentales en ciencia cognitiva. En Donald Norman A. (Ed.), *Perspectivas de las ciencias cognitivas*. Barcelona: Paidós. pp. 179-231.
Johnson, S. 2001. *Sistemas emergentes. O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
Koyré, A. 1999. *Del mundo cerrado al universo infinito*. Madrid: Siglo XXI.
Latour, B. 1999. *La Esperanza de Pandora. Ensayos sobre la Realidad de los Estudios de la Ciencia*. Barcelona: Gedisa.
Le Moigne, J.-L. 1990. *La Modélisation des systèmes complexes*. Paris: Dunod.
Lewin, R. 1995. *Complejidad. El caos como generador de orden*. Barcelona, España: Tusquets.
Likert, R. 1932. A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology, 140*, 44-53.
Maldonado, C. E. 1999. Esbozo de una filosofía de la lógica de la complejidad. En Carlos Maldonado (Ed.), *Visiones sobre la Complejidad*. Bogotá: Ediciones El Bosque. pp. 9-27.
Maldonado, C. E. 2007. *Complejidad: ciencia, pensamiento y aplicación*. Buenos Aires: Universidad Externado de Colombia.
Maruyama, M. 1980. Mindscapes and Science Theories. *Current Anthropology, 21*(5), 589-608.
Maturana, H. y Varela, F. 1972. *Autopoietic system*. Santiago de Chile: Facultad de Ciencias.

Maturana, H. y Varela, F. 2003. *De máquinas y seres vivos: autopoiesis, la organización de lo vivo*. Buenos Aires: Lumen.
Miller, J. H. y Page, S. E. 2007. *Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton: Princeton Studies in Complexity.
Minsky, M. 1965. *Matter, Mind and Models*. Paper presented at the International Federation of Information Processing Congress, Vol 1. pp. 45-49.
Morales Vallejo, P., Urosa Sanz, B. y Blanco Blanco, A. 2003. *Construcción de Escalas de Actitudes Tipo Likert. Cuadernos de Estadísticas Nº 26*. Madrid: La Muralla.
Morin, E. 1973. *El paradigma perdido. Ensayo de bioantropología*. Barcelona: Kairós.
Morin, E. 1977. *El Método I. La naturaleza de la naturaleza*. Madrid: Cátedra.
Morin, E. 1984. *Ciencia con Conciencia*. Barcelona: Anthropos. Editorial del Hombre.
Morin, E. 1986. *El Método III. El conocimiento del conocimiento*. Madrid: Cátedra.
Morin, E. 1990. *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona: Gedisa.
Morin, E. 1991. *El Método IV. Las ideas*. Madrid: Cátedra.
Morin, E. 1998. *El Método IV. Las ideas*. Madrid: Cátedra.
Morin, E. 1999. *La cabeza bien puesta. Repensar la reforma. Reformar el pensamiento*. Buenos Aires: Nueva Visión.
Morin, E. 2001. *El Método V. La humanidad de la humanidad. La identidad humana*. Madrid: Cátedra.
Morin, E. 2007. Complexité restreinte et complexité générale. En Edgar Morin y Jean-Louis Le Moigne (Eds.), *Intelligence de la complexité: épistémologie et pragmatique, Colloque de Cerisy, 2005*. La Tour d'Aigues: Éditions de l'Aube. pp. 28-50.
Moscovici, S. 1979. *El psicoanálisis, su imágen y su público*. Buenos Aires: Huemul.
Neurath, O. 1983. Pseudorationalism of falsification. En Otto Neurath (Ed.), *Philosophical Papers 1913-1946*. Boston, United States of America: Reidel. pp. 121-131.
Nicolescu, B., Bianchi, F., Morin, E. y Motta, R. D. 1994. Carta a la transdisciplinariedad Consulta: 10/9, 2008, Recuperado de http://www.pensamientocomplejo.com.ar/docs/files/aavv_carta_a_la_interdisciplinariedad.pdf
Nunnally, J. C. 1970. *Introducción a la medición psciológica*. Buenos Aires: Paidós.
Piaget, J. 1973. *Psicología y epistemología*. Barcelona: Ariel.
Piaget, J. 1978. *Introducción a la epistemología genética. 1. El pensamiento matemático*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
Piaget, J. 1979. *Tratado de lógica y conocimiento científico. I. Naturaleza y métodos de la epistemología*. Buenos Aires: Paidós.
Piaget, J. y García, R. 2008. *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México DF: Siglo XXI.
Prigogine, I. 1999. *Las leyes del caos*. Barcelona: Crítica.
Prigogine, I. y Nicolis, G. 1997. *La estructura de lo complejo*. Madrid: Alianza.
Prigogine, I. y Stengers, I. 1983. *La nueva alianza. Metamorfosis de la ciencia*. Madrid: Alianza.
Putnam, H. 1994. *Las mil caras del realismo*. Barcelona: Paidós.
Putnam, H. 2004. *El desplome de la dicotomía hecho-valor y otros ensayos*. Barcelona: Paidós.
Quillian, M. R. 1968. Semantic memory. En Marvin Lee Minksy (Ed.), *Semantic information processing*. Cambridge, MA: MIT Press. pp. 227-270.
Reynoso, C. 2006. *Complejidad y caos. Una exploración antropológica*. Buenos Aires: Editorial SB.
Reynoso, C. 2009. *Modelos o metáforas. Crítica del paradigma de la complejidad de Edgar Morin*. Buenos Aires: Editorial SB.
Ricoeur, P. 1996. *Si mismo como otro*. México: Siglo XXI.
Rodríguez, R. J. 2010. Herramientas informáticas para la representación del conocimiento. *Subjetividad y Procesos Cognitivos, 14*(2), 217-232.
Rodríguez Zoya, L. 2013. *El modelo epistemológico del pensamiento complejo. Análisis crítico de la construcción de conocimiento en sistemas complejos.* Tesis de Doctorado en Sociología y Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires y Universidad de Toulouse, Toulouse.
Roggero, P. 2008. Pour une sociologie d'après La Méthode. *Communications, 82*, 143-159.
Simon, H. 1973. La arquitectura de la complejidad. En Herbert Simon (Ed.), *Las ciencias de lo artificial*. Barcelona: A.T.E. pp. 125-169.
Solana Ruiz, J. L. 2001. *Antropología y complejidad humana. La antropología compleja de Edgar Morin.* . Granada: Editorial Comares-Universidad de Jaen.
Tulving, E. 1972. Episodic and Semantic Memory. En Endel Tulving y Wayne Donaldson (Eds.), *Organization of Memory*. New York: Academic Press. pp. 381-402.

van Dijk, T. A. 1999. *Ideología. Una aproximación multidisciplinaria*. Sevilla: Gedisa.
Varsavsky, O. 1975. *Marco Histórico Constructivo para estilos sociales, proyectos nacionales y sus estrategias*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
Varsavsky, O. 1982. Ideas básicas para una filosofía constructiva. En Oscar Varsavsky (Ed.), *Obras Escogidas*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina. pp. 365-413.
Vilar, S. 1997. *La nueva racionalidad. Comprender la complejidad con métodos transdisciplinarios*. Barcelona, España: Kairós.
Voloshinov, V. 1976. *El signo ideológico y la filosofía del lenguaje*. Buenos Aires: Nueva Visión.
Vygotski, L. 1995. *Pensamiento y Lenguaje*. Barcelona: Paidós.
Waldrop, M. M. 1992. *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. New York: Touchstone.
Wallerstein, I. 1996. *Abrir las ciencias sociales. Informe de la Comisión Gulbenkian para la reestructuración de las ciencias sociales*. México: Siglo XXI.
Weaver, W. 1948. Science and complexity. *American Scientist*(36), 536-544.
Whitehead, A. N. 1944. *Modos de pensamiento*. Buenos Aires: Losada.
Woolgar, S. 1991. *Ciencia: abriendo la caja negra*. Barcelona, España: Anthropos.

SEGUNDA PARTE

Complejidad de los problemas de América Latina en el Siglo XXI



CAPÍTULO VI

El reduccionismo ontológico biologicista: consecuencias para una sociedad compleja

Gloria Silvana Elías* y Leonardo Gustavo Carabajal**

Científicos estadounidenses han detectado tres genes que desencadenarían la violencia en jóvenes que provienen de familias pobres o en las que no existe la figura paternal, reveló un estudio difundido por American Sociological Review.

En "Estudio descubre tres genes que detonan violencia en jóvenes pobres", Agencia EFE, Julio de 2008

1. Introducción

La reflexión sobre la vida realizada por el hombre se ha expresado en diversos discursos a lo largo de la historia: los mitos, la filosofía, la ciencia. La biología, como discurso científico, elabora una reflexión sobre la vida y los procesos que la sustentan. Para ser aceptado como científico, el discurso de la biología debe cumplir ciertos requisitos y condiciones que permitan atribuirle el status de cientificidad. A través de la biología, el hombre ha comprendido la complejidad de la vida y de los procesos que involucra. Asimismo, desde la configuración de la biología como ciencia en el siglo XIX con la teoría de la evolución de Darwin, hasta la teoría genética en los siglos XX y

* Investigadora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina. Profesora de la Universidad Nacional de Jujuy. Datos de contacto. Dirección postal: La Tijereta 586, Los Perales, San Salvador de Jujuy, CP. 4600, Jujuy, Argentina. Tel. +54 (0388) 4261027. Correo electrónico: gloriasilvanaelias@yahoo.com.ar

** Profesor de Lógica y Pensamiento Científico en la Universidad Nacional de Jujuy. Datos de contacto. Dirección postal: La Tijereta 586, Los Perales, San Salvador de Jujuy, CP. 4600, Jujuy, Argentina. Tel. +54 (0388) 4261027. Correo electrónico: inurbanus@hotmail.com.ar

XXI, la biología pretende descubir las leyes que expliquen, del modo más simple posible, los procesos vitales y, de ese modo, otorgar al hombre el conocimiento de los mecanismos que regulan la vida. Tal es así que en los dos últimos siglos presenciamos el debate entre aquellos que buscan reducir todos los procesos biológicos y sociales del hombre a un determinismo biológico, y aquellos biólogos, filósofos e intelectuales que se oponen al mismo. La posición extrema del determinismo postula que las conductas sociales y los males que aquejan al hombre pueden ser explicados desde una base neurogenética.

Con el objeto de desarrollar dicha controversia, presentaremos, en primer lugar, las posiciones que se enfrentan al interior de la comunidad científica. Por un lado, los que defienden la tesis que los genes condicionan las conductas sociales, como ser Richard Dawkins y Edward O. Wilson. Del lado opuesto se hallan Stephen Jay Gould, R.C. Lewontin, Steven Rose, Leon J. Kamin, quienes ven en el determinismo biológico un modo de legitimar la desigualdad social imperante en el orden capitalista, tal y como queda ilustrado con la terrible afirmación que realizó un grupo de científicos estadounidenses, y que utilizamos como epígrafe de este capítulo.

En segundo lugar, y como consecuencia del razonamiento precedente, abordamos las condiciones de cientificidad de una teoría, y mostramos cómo el reduccionismo constituye una herramienta de la ciencia. Así, describiremos los tipos de reduccionismo a los que apela la ciencia: la reducción en sus expresiones ontológica, "entre-teorías" e ideológica. Por último, planteamos las consecuencias que provocan tales reduccionismos para la humanidad; las mismas serán elaboradas no sólo desde una perspectiva epistemológica, sino más bien, al decir de Klimovsky, desde una reflexión propia de la filosofía de la ciencia.

En suma, el objetivo principal del escrito es mostrar cómo el afán de reducir la realidad a leyes lo más simples posibles -ideal del determinismo neurogenético– justifica cierta desigualdad social. Este objetivo se fundamenta en la hipótesis principal del trabajo que sostiene que el reduccionismo ontológico promulgado por un sector de la biología enmascara un reduccionismo ideológico, justificador de ciertas condiciones sociales.

2. El debate del determinismo biológico

El determinismo biológico afirma que las normas de conducta compartidas entre los animales derivan de ciertas diferencias heredadas innatas. En el caso de los humanos, se pretende explicar las diferencias sociales y económicas que existen, diferencias de raza, de clase y de sexo desde la biología. El determinismo biológico se plantea hoy en términos de determinismo genético, o sea, un conjunto de teorías que defienden la posibilidad de dar respuestas últimas al comportamiento de los seres vivos a partir de su estructura genética. De este modo, la conducta del ser humano obedecería a formas que han sido necesarias para la supervivencia de sus genes, y que se extienden a complejos sistemas sociales adaptados a su más favorable proceso evolutivo. En

efecto, la síntesis emergente en el siglo XX entre la genética y las ciencias neurológicas -neurogenética- conformó esta postura, si se quiere, filosófica, llamada determinismo neurogenético, que ofrece la posibilidad de identificar los genes que afectan la conducta, y llegado el caso, modificarlos previa experimentación. La neurogenética se alza como capaz de dar respuestas a los conflictos sociales, propugnando una relación causal entre el gen y la conducta. Los éxitos indiscutibles de la biología molecular desde el descubrimiento de la estructura en doble hélice del ADN en 1953 han alentado en los genetistas la convicción de que su ciencia puede explicar, y próximamente, modificar la condición humana.

Uno de sus representantes, Richard Dawkins, define a los humanos como "máquina de supervivencia" de sus genes. Dawkins, apelando a conceptos tales como el de selección natural, asevera que factores tan controvertidos como son el racismo, la desigualdad social, etc., se justificarían a partir de factores heredados por los genes mediante dicho mecanismo. Por su parte, Stephen Jay Gould, R.C. Lewontin, Steven Rose, Leon J. Kamin, miembros de universidades prestigiosas como son Harvard y Princeton, manifiestan en sus críticas que, escudándose en el determinismo biológico se intenta legitimar el status elitista de determinados grupos de poder en el actual orden mundial, sosteniendo su superioridad debido a que hay grupos "naturalmente" menos favorecidos por la selección natural.

El determinismo biológico por el que aboga la sociobiología contemporánea y que hoy Edgar O. Wilson plantea en términos de determinismo genético, fue abordado por R.C. Lewontin, Steven Rose, Leon J. Kamin en *No está en los genes*, genetista evolucionista, neurobiólogo y psicólogo respectivamente. Estos consideran que tal determinismo biológico continúa una línea filosófica presente ya en la modernidad, y elaborada claramente en el *Leviatán* (Thomas Hobbes 1651) cuya máxima célebre: "homo homini lupus", "el hombre es un lobo para el hombre", explicaría cómo los intereses individuales se anteponen naturalmente a los del colectivo. Para los autores de *No está en los genes* esta filosofía contribuyó en gran medida al establecimiento de las bases de la sociedad burguesa, sustentadas en la competitividad, el egocentrismo, la desconfianza y la depredación humana; tales hechos son naturales e inevitables para Hobbes, puesto que según él se encuentran en la naturaleza del hombre. De esta manera, con el determinismo biológico se vuelve al postulado esencialista de corte filosófico de la existencia de una naturaleza humana determinada, con las variantes que la teoría genética le otorga.

Lewontin, Rose y Kamin refiriéndose al individualismo arguyen: "Filosóficamente, esta visión de la naturaleza humana es muy antigua; se remonta a la aparición de la sociedad burguesa en el siglo XVII y a la visión de Hobbes de la existencia humana como una *bellum omnium contra omnes*, una guerra de todos contra todos, que conduce a un estado de relaciones humanas de competitividad, desconfianza mutua y deseo de gloria. Para Hobbes, de esto se deducía que el objetivo de la organización social era sencillamente el de regular estas características inevitables de la condición humana. Y la visión de Hobbes de la condición humana se derivaba de su

comprensión de la biología humana: era la inevitabilidad biológica lo que convertía a los humanos en lo que eran" (Lewontin, Rose 2003: 15).

Respecto de esta extensa cita cabe hacer las siguientes aclaraciones: en cuanto a la condición humana de corte esencialista, en filosofía podemos retrotraernos hasta la antigüedad si se quiere, en donde filósofos como Platón o Aristóteles justificaban la condición de esclavos porque quienes lo eran, lo eran debido a que habían nacido para ello. Es decir que la tesis de que tenemos una naturaleza determinada existe desde antiguo, y juntamente con ella se alza la posición opuesta. El segundo aspecto que quisiéramos aclarar es esta afirmación que hacen los autores del conocimiento que sobre biología poseía Hobbes: entendemos que la conclusión a la que arriban sobre la comprensión hobbesiana de la biología es una expresión que usa el término "biología" en un sentido laxo, porque claro está que en el siglo XVII no existían aún teorías biológicas respecto de ciertos caracteres ineluctables de la naturaleza humana. Lo que sí se aprecia en Hobbes es esa fuerte noción de una naturaleza humana belicosa constitutiva del individuo humano.

2.1. La noción de "naturaleza humana" y su fundamentación desde la sociobiología

Ahora bien, detengámonos en el concepto de "naturaleza humana": para el determinismo biológico habría una naturaleza que no se podría cambiar y que hace a la condición humana (Lewontin, Rose 2003: 26). Es esto justamente lo que quiere justificar la sociobiología. El término "sociobiología" fue acuñado en 1975 por el británico E. O. Wilson en su obra *Sociobiology:The New Synthesis*[1], aunque se puede ubicar algunos de sus antecedentes inmediatos: *The Territorial Imperative*, de Robert Ardrey (1966), *On agression*, de Konrad Lorenz (1966), entre otros. Este ámbito de la ciencia en desarrollo, investiga las bases biológicas de algunas conductas sociales animales como la agresión, la territorialidad, los sistemas sociales y la elección de pareja. Uno de sus objetivos principales es proyectar el concepto de selección natural a los sistemas sociales y a la conducta social de los animales, incluidos los seres humanos[2], pretendiendo explicar biológicamente manifestaciones culturales como la religión o la ética. Los autores de *No está en los genes* afirman que la tesis central de la sociobiología sería que "todos los aspectos de la cultura y del comportamiento humanos, así como del comportamiento de todos los animales, están codificados en los genes y se han conformado por selección natural" (Lewontin, Rose 2003: 286), cuya

[1] Dicha obra tuvo su traducción al castellano: *Sociobiología: La nueva síntesis*, Omega, Barcelona, 1980.

[2] Wilson tiene presente en su obra el intento de Charles Darwin por abordar la cuestión del altruismo que se define como el comportamiento generoso de unos individuos para favorecer a otros, aún cuando el donante vea reducidas o anuladas sus oportunidades de tener descendencia. Ejemplos de altruismo son los cuidados que dan a los individuos jóvenes los trabajadores estériles de hormigas y abejas; uno de los estudiosos sobre la conducta altruista fue el biólogo británico W. D. Hamilton, quien en 1960 desarrolló el concepto de selección de clanes. Su teoría muestra, con precisión matemática, que ciertos individuos de una especie pueden mejorar su éxito reproductivo cuando ayudan a sus parientes cercanos siempre que el beneficio que dan a éstos sea mayor que el sacrificio que realiza el donante.

consecuencia inmediata es que la sociedad humana tal como es actualmente es el resultado inevitable del proceso evolutivo. En un artículo publicado en el *New York Times Magazine* se expresa Wilson así: "la tendencia genética es lo bastante fuerte como para provocar una sustancial división del trabajo incluso en la más libre e igualitaria de las sociedades futuras… incluso con la misma educación e igual acceso a todas las profesiones, los hombres continuarán probablemente desempeñando un papel desigual en la vida política, científica y de los negocios" (Wilson 1975). Así, se estaría legitimando -científicamente- que las sociedades mejor adaptadas a las condiciones actuales son las más evolucionadas, y que el capitalismo sería, como sistema imperante, el mejor posible por selección natural.

El paleontólogo y biólogo evolutivo Stephen Jay Gould afirma que actualmente algunos evolucionistas mantienen que existen cambios genéticos que pueden no estar sometidos a la selección natural y que pueden extenderse a las poblaciones por azar (Gould 2003: 101); Gould, Richard Lewontin, Steven Rose, Leon Kamin, Marshall Sahlins y Alfie Kohn crearon el Grupo de Estudio Sociobiológico en contra de la sociobiología humana de Wilson, planteando que ésta es un tipo de determinismo biológico, base intelectual de posiciones políticas de derecha, incluyendo la conservadora Heritage Foundation contra los afroamericanos del Norte y el Frente Nacional neonazi británico. Stephen Gould en su libro *La grandeza de la vida* busca demostrar que esta idea de que la evolución tiende hacia la optimización, es fruto del interés de ciertos sectores de la ciencia por "ver" en la evolución una tendencia determinada, mientras que para él se debería entender las tendencias evolutivas como el fruto de expansiones y contracciones de las variaciones (Gould 2001: 25).

Según Lewontin, Rose y Kamin, durante el siglo XX el darwinismo vino a reforzar el punto de vista de Hobbes, Malthus y Spencer respecto de que la sociedad avanzaba gracias a la supervivencia de los más aptos en una lucha competitiva. (Lewontin, Rose 2003: 294); así, los sociobiólogos entendieron que la agresión era una tendencia necesaria para la supervivencia, y si bien en un principio se la limitaba al ataque no provocado de un individuo a otro, posteriormente se extendió al plano político, interpretando la guerra como un tipo de agresión basada en la necesidad primaria de un espacio vital al que se debe luchar para acceder (Wilson 1975: 553). Como argumento modelo de la sociobiología, que reduce al ser humano en su complejidad a una naturaleza codificada genéticamente producto de un proceso evolutivo, citaremos una vez más a Wilson: "Los miembros de las sociedades humanas a veces cooperan estrechamente al modo de los insectos, pero es más corriente que compitan por los limitados recursos dispersos en su área de actuación. El mejor y más emprendedor de los actores en esta competición obtiene normalmente una parte desproporcionada de las recompensas, mientras que los menos afortunados quedan desplazados a otras posiciones menos codiciadas" (Wilson 1975: 554).

2.2. Máscaras y ficciones del determinismo biológico

Ahora bien, teniendo presente lo expuesto hasta acá, y siguiendo a los autores de *No está en los genes*, podría reducirse el determinismo biológico a las siguientes tesis:

1. Las acciones humanas son consecuencia inevitable de las propiedades bioquímicas de las células que constituyen al individuo, las que a su vez están determinadas por los genes;
2. Los fenómenos sociales son la suma de los comportamientos de los individuos;
3. Tales comportamientos pueden ser tratados como objetos, reificados en propiedades localizadas en el cerebro de individuos particulares;
4. Las propiedades reificadas pueden ser medidas con algún tipo de escala de modo que los individuos pueden ser calificados de acuerdo a ellas;
5. Patrones de conductas anormales en la sociedad pueden ser tratados médicamente;
6. Estas propiedades reificadas son causadas por acontecimientos en el cerebro de los individuos, asociados a la cantidad de determinadas sustancias bioquímicas;
7. La modificación en la concentración de estas sustancias bioquímicas pueden dividirse en genéticas y ambientales, pudiéndose medir el grado de heredabilidad de las diferencias. (Lewontin, Rose 2003: 17-18).

En *Trayectorias de vida*, Steven Rose incisivamente devela las consecuencias del determinismo biológico para la sociedad: "Se dice que se han descubierto los genes no sólo "de" enfermedades como el cáncer de mama sino también "de" la homosexualidad, el alcoholismo, la criminalidad y la ahora célebre –y jocosa sólo a medias- especulación de Daniel Koshland, entonces director de *Science*, una de las revistas científicas más prestigiosas del mundo, de que acaso existen genes de la carencia de techo" (Rose 2001: 313). Los ejemplos que apoyan la postura de Rose abundan: en setiembre de 2008 en Copenhague, científicos descubrieron un gen, el alelo 334, que aumenta la probabilidad de infidelidad; en julio del mismo año, investigadores de la Universidad de Carolina del Norte descubrieron tres genes que desencadenarían la violencia en los jóvenes pobres o sin padres. El artículo no tiene desperdicio, y lo transcribimos completo:

> Científicos estadounidenses han detectado tres genes que desencadenarían la violencia en jóvenes que provienen de familias pobres o en las que no existe la figura paternal, reveló un estudio difundido por la revista *American Sociological Review.*
>
> El grupo científico de la Universidad de Carolina del Norte señaló que esos genes son el gen 2R, una variación del gen MAOA, el vector de dopamina (DAT1) y el receptor de dopamina (DRD2). Las mutaciones de esos genes aparecieron sobre todo en niños de vecindarios pobres o procedentes de familias divididas en las que

> no existía la figura de uno o los dos progenitores. La investigación utilizó datos aportados por el Estudio Longitudinal y Nacional de Salud de Adolescentes, que incluyó a unos 20 mil jóvenes que respondieron preguntas personales y dieron muestras de sangre. Los científicos definieron la violencia cuando los resultados fueron lesiones que hicieron necesario el tratamiento médico, el uso de algún tipo de armas para robar, participación en peleas entre grupos, disparar o apuñalar a alguien, daño deliberado de propiedad ajena y amenazas con algún tipo de arma.
>
> Los tres genes estuvieron vinculados con los estallidos de violencia, pero más que nada en niños que sufrieron algún tipo de presión, sobre todo problemas familiares, rechazo o mal rendimiento escolar. Según los investigadores, la relación con los genes fue muy específica en la mayoría de los casos de violencia juvenil. Señalan como ejemplo que el efecto de repetir un curso dependía si el joven tenía una mutación del gen MAOA. Por otra parte, una cierta mutación del DRD parecía entrar en actividad cuando de forma regular el joven no compartía las cenas con su familia.
>
> Pero si alguien tiene un padre que comparte con él la cena u otro tipo de comidas, el riesgo desaparece", indicó Guang Guo, profesor de sociología que dirigió el estudio.
>
> Comer en familia demuestra un interés paternal. Sugiere que la presencia de los padres es muy importante", añadió. Guo manifiesta que tal vez sería recomendable que los niños más vulnerables tuvieran alguien que representara la figura paternal ante la ausencia de sus progenitores.
>
> Según los científicos, el resultado de la investigación, que sería la primera que vincula las variaciones moleculares genéticas con la delincuencia, "aumenta de manera significativa" la "comprensión de la conducta violenta o delincuente". Además, agregan, "subraya la necesidad de considerar de forma simultánea los orígenes sociales y genéticos" de una persona[3].

Son varios los aspectos a destacar en este artículo: como primera reflexión, la investigación parte de la hipótesis de que los jóvenes pobres tienen mayor probabilidad de ser violentos, y que ello sería casi inevitable por encontrarse en su estructura genética. La hipótesis misma es ya profundamente ideológica, porque justificaría

[3] Este artículo titulado "Estudio descubre tres genes que detonan violencia en jóvenes pobres" apareció el 14 de julio de 2008 en la página de Internet elespectador.com, aludiendo al artículo original del profesor Guang Guo de la Universidad de Carolina del Norte, "The integration of Genetic Propensities into Social-Control Models of Delinquency and Violence among male youths" publicado en American Sociological Review, August 2008, 73: 543-568.

científicamente que los jóvenes que viven en suburbios no son violentos por su condiciones socio-económicas sino porque "nacieron así"; también se infiere de la investigación que quienes tienen la señalada mutación, combinada con la condición ambiental de padres separados o ausentes, se les "despertaría" la tendencia violenta. La afirmación es angustiante, sobre todo si pensamos que en toda Latinoamérica las condiciones económicas de la mayoría de la población obliga a ambos progenitores a salir a trabajar para que sus hijos puedan superar las dificultades económicas y la exclusión ¿Cómo salir de los suburbios, de las zonas de pobreza sin ingresos económicos? La investigación oculta un determinismo tan inevitable como el destino en que creían los griegos, al que no podían escapar. Así, se enmascara una justificación ideológica de la violencia en las zonas de mayor exclusión social en los EE.UU, que no se debe a las denigrantes condiciones en las que vive un gran sector de la población –particularmente población negra– sino a lamentablemente, una mutación genética.

Ahora bien, y como incisivamente señala Rose: si en dichos casos estudiados los jóvenes son violentos por poseer dicha mutación, ¿por qué entonces se los condena o encarcela? Y si el violento fuese un joven blanco de clase alta y de una familia tipo, en la que sus padres se sientan con él a cenar amablemente todas las noches, ¿cómo evaluar su conducta anti-social? Si, en palabras de Marx y Engels "las ideas de la clase dominante son en cada época las ideas dominantes. La clase que tiene los medios de producción material a su disposición tiene al mismo tiempo el control de los medios de producción mental", se entiende que reducir el problema de la violencia o de la desigualdad social al elemento gen es profundamente ideológico, anulando toda posibilidad de cambio para los desfavorecidos genéticamente.

Rose ejemplifica cómo quienes detentan los medios de producción a su vez direccionan las investigaciones científicas, como es el caso de la fundación Rockefeller, la cual en los años treinta buscaba "mejorar la raza" basada en concepciones eugenésicas. Con este fin la fundación dispuso un extraordinario presupuesto a la investigación en la psicobiología y la herencia. Así, se desarrollaron estudios en busca del gen gay y la inferioridad de razas, aun cuando no –dice Rose- a la investigación del gen homofóbico y el gen racista.

A continuación veremos cómo el determinismo neurogenético responde a un reduccionismo tanto ontológico como teórico, al reducir el complejo humano a una base empírica. A su vez, ello funciona como la cara visible de una ideología que busca legitimar la desigualdad social y la pobreza, haciendo responsable de ello a la evolución y los genes.

3. Ciencia y reduccionismos

En este apartado analizaremos una forma particular de relación interteórica denominada: reduccionismo. Previo al análisis de qué sea ello merece la pena explicar a grandes rasgos qué es una teoría científica, para luego explicar cómo se produce la reducción de una teoría a otra.

Una primera noción preliminar sostendría que una teoría es "un conjunto de afirmaciones sobre un determinado ámbito de la realidad" (Diéz y Moulines, 1997: 267). Así tenemos como ejemplos a la mecánica clásica, la termodinámica o la geometría de Euclides. Ahora bien, dicho "conjunto de afirmaciones" debe cumplir ciertos requisitos para ser, en sentido estricto, una teoría. De hecho hay múltiples discursos que son afirmaciones de la realidad pero no son teorías, como es el caso del horóscopo. Éste es interesante porque puede darse el caso que predicciones del horóscopo como: "si es de virgo tendrá suerte en el amor" sea confirmado en la realidad por un virginiano afortunado.

Un modo de definir una teoría es como sistema axiomático, es decir, un conjunto finito de enunciados llamados axiomas de los que se derivan con necesidad lógica una serie de enunciados llamados teoremas. Un buen sistema axiomático debe mantener una relación de consecuencia lógica, exenta de toda contradicción entre los axiomas y los teoremas. Este modo de concebir una teoría sería propio de las ciencias formales tales como la lógica y la matemática, aunque las ciencias fácticas, en muchos casos, han hecho intentos de axiomatizar sus teorías. Cabe aclarar entonces que dentro de las teorías científicas podemos distinguir a las teorías formales de las fácticas. Y de estas últimas se puede decir que en cuenta de enunciados hablamos de hipótesis, y que un conjunto sistemáticamente ordenado de hipótesis configura una teoría.

La investigación científica, según M. Bunge, culmina en la construcción de teorías y, según el autor, es pertinente distinguir entre su contenido y su forma, es decir, entre su estructura lógica y su interpretación. Por cuestiones de brevedad sólo analizaremos el primer caso. Así, una teoría independiente de su contenido posee por lo general la siguiente estructura: parte de hipótesis que poseen el mayor grado de generalidad, de las cuales se infieren hipótesis derivadas que descienden en niveles de generalidad. Pero estas hipótesis que prescriben cómo funciona el universo deben poseer contrastación empírica, sólo sabemos que las hipótesis de partida son verdaderas cuando los enunciados singulares logran ser confirmados. Así, sostiene Bunge que la teorización en la investigación científica es fundamental ya que logra "*sistematizar el conocimiento*" estableciendo relaciones antes inconexas entre los hechos; en segundo lugar, "*explica los hechos*"; tercero "*incrementa el conocimiento*"; y por último, "*refuerza la contrastabilidad* de las hipótesis sometiéndolas al control de las demás hipótesis". (Bunge, 1985: 416). Así, podemos afirmar que una teoría es un conjunto de hipótesis sistemáticamente ordenadas por relaciones de deducibilidad lógica.

Ahora bien, ante la pregunta sobre cómo progresan las teorías científicas, la epistemología contemporánea ha englobado dicha pregunta en el problema sobre el cambio científico o el progreso de la ciencia. Una corriente que tuvo mucho eco en la primera parte del siglo XX, el neopositivismo, consideraba que el progreso de la ciencia era lineal y acumulativo. Dentro de esta concepción surgió el reduccionismo en tanto propuesta metodológica, la que consistía en reducir una teoría a otra. El progreso acumulativo de la ciencia se fundaba de algún modo en lo siguiente: una teoría, que podemos llamar "reducida" se asimilaba a una segunda teoría, que denominamos

reductora, y de este modo, se lograban mejores y más simples explicaciones sobre un determinado ámbito de fenómenos. Los presupuestos filosóficos que se encuentran como punto de partida del reduccionismo se pueden enunciar del siguiente modo:

> Si todas las disciplinas científicas existentes pudieran reducirse a una sola (por ejemplo, todas las ciencias sociales a la biología, la biología a la química, la química a la física), y dentro de esa disciplina hubiera una sola teoría que redujera todas las demás (por ejemplo, la "gran teoría unificada" que persiguen los físicos de partículas), entonces podríamos considerar el desarrollo científico como un progreso hacia una unidad cada vez mayor, en la que todas las teorías quedarían al fin reducidas a una sola que explicaría todos los fenómenos del universo y que se podría considerar "la verdadera representación" de la "realidad" tal cual es" (Diéz y Moulines, 1997: 373).

Más allá de que el afán de la física por una única teoría explicativa de la realidad ya ha sido superado, puesto que se demostró que tal afán es imposible, no obstante sigue presente en los ámbitos científicos el anhelo de poder explicar la realidad desde el menor número de teorías posible, como es el caso del determinismo biológico. De la cita anterior se infieren no sólo cuestiones relativas al plano epistémico, sino también al plano ontológico. En efecto, el reduccionismo en su afán de simplicidad y economía conceptual para inteligir los fenómenos empíricos, culmina en una representación simplificada de la realidad. El hecho que la ciencia se pueda reducir en una sola teoría, implicaría que, al fin de cuentas, la realidad es simple.

3.1. Reduccionismos teórico y ontológico

Para la corriente neopositivista la respuesta para el cambio se encontraba en la tesis del reduccionismo, la cual fue defendida por Ernest Nagel. Según este autor, la reducción de una teoría a otra podía suceder de dos modos: a- mediante la extensión de una teoría dentro de un mismo campo de fenómenos; b- a través de la incorporación de una teoría en otra más amplia que se aplica a otro dominio de fenómenos. (Diéguez, 2005: 157). Un ejemplo del primer tipo sería la reducción que sufren las leyes de Galileo –que podemos denominar como la teoría reducida T–, respecto a la caída libre de los cuerpos, en la mecánica celeste de Newton, –la teoría reductora en este caso, en adelante T'– (Diéguez, 2005: 157). En la tradición de la ciencia aristotélica se dividía dos ámbitos de fenómenos: el sublunar (correspondiente a la Física) y el supralunar (correspondiente a la Metafísica). En un primer momento Galileo revoluciona el plano sublunar, y posteriormente la física newtoniana logra explicar, con el mismo marco conceptual, el movimiento de la caída de una piedra o el movimiento de la Luna. Así T queda reducida en T', explicando mayor cantidad de objetos en un mismo dominio de fenómenos (Diéguez, 2005: 158). En el segundo caso, una teoría T es reducida a otra teoría T', pero a diferencia del primero, el desarrollo de T' descubre nuevas relaciones

entre dominios de fenómenos diferentes. Este sería el caso de la reducción de la termodinámica a la mecánica estadística. Mientras la termodinámica estudiaba la relación entre el calor y los sistemas físicos, la mecánica estadística buscaba predecir ciertos comportamientos macroscópicos de un sistema en función del comportamiento estadístico de las moléculas que lo componían (Diéguez, 2005: 159). Boltzman logró reducir el segundo principio de la termodinámica a conceptos de la mecánica estadística cuando demostró "que la entropía de un sistema es proporcional al logaritmo del número de posibles distribuciones moleculares correspondientes a un estado de ese sistema" (Diéguez, 2005: 160). De este modo la termodinámica se reducía, de algún modo, a la mecánica estadística.

Cabe aclarar que el neopositivismo no necesariamente concluyó su programa reduccionista sosteniendo que el ideal de ciencia unificada decía lo que la realidad *es*. De hecho, parte de esta corriente sostuvo el carácter instrumental de las teorías científicas.

El reduccionismo se relaciona con la tesis de la linealidad del progreso científico. Frente a esta concepción surgió la crítica de las corrientes historicistas del progreso científico, y con ello al reduccionismo, tal fue el caso de Thomas Khun. Para este último la ciencia progresa por medio de revoluciones científicas, mas no de modo lineal y acumulativo, sino mediante grandes rupturas y quiebres tanto teóricos como metodológicos. Uno de sus argumentos más fuertes en contra del neopositivismo, es que éste postula el carácter neutral de la ciencia. En efecto, la idea de una ciencia sin sujeto, es decir, sin intereses, despojada de relaciones de poder, ideologías, etc… fue socavada por las corrientes que le dieron un papel central al carácter social de la investigación científica. Así, el concepto kuhniano de *paradigma* entendido como matriz disciplinar que articula las leyes, hipótesis, teorías, reglas heurísticas, etc…, se asienta en la idea de que todo paradigma expresa una visión del mundo, un suelo de creencias. En este sentido, la crítica al reduccionismo sería radical, ya que sería imposible reducir una teoría T a otra T', puesto que, frente a un cambio de paradigma las teorías serían, al decir de Kuhn, inconmensurables.

Ahora bien, "Kuhn no cree que exista en la ciencia nada parecido a un acercamiento progresivo a la verdad" (Diéguez: 2005, 173), y hablar de "verdad" nos conduce a analizar la relación del discurso científico con la ideología ¿En qué sentido puede contribuir la crítica de las ideologías a la discusión del reduccionismo? Porque ciertos enunciados de la ciencia en determinado nivel son verdaderos, pero en otro son falsos. Una cosa es que la ciencia represente lo que la realidad *es*, y otra muy distinta, que la ciencia sea un cuerpo de teorías falibles en donde la verdad funciona más bien como idea reguladora –en el sentido kantiano– que como una realidad.

Como se ha mostrado hasta acá, la reducción teórica supone una reducción ontológica; la tesis según la cual una realidad determinada "no es sino" otra realidad que se supone "más fundamental" es la expresión de posturas que se justifican en la necesidad de la simplificación de leyes, por ejemplo la reducción de la psicología a la fisiología, de ésta a la biología, de ésta a la química y de ésta última a la física. Bunge, en *Emergencia y Convergencia* hace notar que como cualquier otra herramienta, la

reducción puede ser utilizada de manera moderada o radical. Es este último caso el que constituye la columna vertebral del reduccionismo. Así pues, se puede sostener que los procesos mentales son reducibles a procesos cerebrales (hipótesis de la identidad mente-cerebro), lo que constituye una reducción ontológica, y a la vez rechazar la reducción (total) de la psicología a la neurofisiología. Al decir de Bunge, la reducción es necesaria para poder conocer, pero el conflicto aparece cuando se quiere hacer de la reducción la única herramienta válida para conocer la realidad. Las propiedades (reducción ontológica) de un campo de investigación pueden ser reducidos (según el caso: analizados en términos de, identificados con, explicados por o sustituidos por) las propiedades de otro campo de investigación que, por lo general, se refiere a un nivel de investigación inferior. Por ejemplo, se ha intentado en diversas ocasiones reducir la biología a la química y/o la física. En este caso, el reduccionista afirma que la biología "no es más que" o "es en última instancia" química y/o física, con lo que niega que la biología se refiera a propiedades que están más allá del alcance de la química y/o la física o incluya conceptos, explicaciones o métodos propios, que no pertenecen al ámbito de la química y/o física. Los correspondientes supuestos reduccionistas ontológicos serían que los organismos *no son más que* agregados de sustancias químicas y que las sustancias químicas *no son más que* átomos físicos. El determinismo biológico en su versión neurogenética entiende que las conductas humanas pueden explicarse genéticamente. Vale entonces la pregunta si las conductas humanas en su totalidad, pueden ser explicadas por la biología de forma global, ¿lo conceptualizado a nivel psicológico denota lo mismo que lo conceptualizado a nivel biológico?, ¿la denotación de los conceptos provenientes de una teoría social se reduce a lo denotado en los términos neurogenéticos?

3.2. El Reduccionismo en su función ideológica

La filosofía contemporánea ha advertido con respecto a la creencia de que la ciencia es capaz de brindar un conocimiento verdadero del mundo, del mismo modo que ha puesto bajo sospecha el ideal de objetividad científica. Si objetividad científica significaba un conocimiento científico ajeno a un sujeto impregnado de valores e intereses, se infería que la ciencia no era una producción social. Ya Marx denunciaba el enmascaramiento de la realidad social a partir de ciertos discursos que producían una falsa conciencia, creando una imagen invertida de la realidad. En el *Prefacio* de la *Contribución a la crítica de la economía política*, se encuentra la conocida definición de ideología como superestructura:

> En la producción social de su vida, los hombres entran en relaciones definidas que son indispensables e independientes de su voluntad, relaciones de producción que corresponden a un estadío definido de desarrollo de las fuerzas materiales productivas. La suma total de estas relaciones de producción constituye la estructura económica de la sociedad, su fundamento real, sobre la que se erige

> una superestructura jurídica y política y a la que corresponden formas definidas de conciencia social (Marx, 1989: 7).

Desde esta perspectiva, toda una superestructura simbólica opera justificando la división desigual del trabajo a lo largo de la historia y en los distintos sistemas productivos. Marx denominó esta forma de discurso "ideología", y lo hizo para distinguirse de los socialistas utópicos, de modo tal que mientras el materialismo histórico era científico, los socialistas utópicos eran ideólogos. Sin embargo, la dicotomía entre ciencia e ideología, en donde la primera era "verdadera", mientras la segunda gozaba de todas las sospechas, se ha demolido junto a otros dogmas después de la segunda parte del siglo XX. En suma, se puede entender ideología como "las ideas y creencias que contribuyen a legitimar los intereses de un grupo o clase dominante, específicamente mediante distorsión y disimulo", o bien como el conjunto de creencias falsas que "derivan no de los intereses de una clase dominante sino de la estructura material del conjunto de la sociedad" (Eagleton, 1997: 54).

De este modo, la producción de ciertas significaciones se vincula a la función de justificación, sea de los intereses de un grupo o clase, sea de la estructural material de la propia sociedad. Esto también atañe a la ciencia. Una cosa es la explicación científica y otra es la justificación de determinados intereses. Así por ejemplo, una cosa es explicar el funcionamiento del aparato reproductor masculino y otra es afirmar que "por naturaleza" todo acto sexual debe ser heterosexual. En este punto aparece lo que se podría denominar como una forma de reduccionismo ideológico. En este caso, no significa que una teoría T se reduzca a otra teoría T' con el afán de mayor alcance explicativo, sino que se reduce unas teorías a otras (sociales a teorías biológicas en este caso) con la finalidad de justificar ciertos intereses. De lo contrario, sería imposible entender qué diferencia genética existe entre la tendencia a la violencia que poseen las clases de individuos afroamericanos estadounidenses con respecto a los blancos. Cualquier tipo de conexión lógica que hubiere en las afirmaciones anteriores, es mera casualidad. En efecto, el reduccionismo ideológico se funda en cierta irracionalidad. Como decíamos más arriba, si bien dentro de la evolución las especies luchan por su supervivencia, lo cual en cierta medida es cierto, afirmar que la guerra posee un fundamento biológico fruto de la agresividad innata del hombre, es una afirmación profundamente ideológica; la falta de coherencia lógica de la afirmación anterior se patentiza cuando se ilustra en qué contexto se usa el argumento anterior. Si es para fundamentar las operaciones bélicas de EE.UU o Inglaterra, entonces la guerra no es más que el despliegue natural de la violencia innata de los hombres. Pero lo mismo no funciona para los ataques terroristas de grupos islámicos a los EE.UU o Inglaterra, en este caso los terroristas son fruto de un dogmatismo religioso y un "atraso cultural" con respecto a la razón occidental. Al parecer, hay cuestiones *innatas* que cambian en Oriente con respecto a Occidente. En efecto, como decía el falso Escoto: *ex contradictione sequitur quodlibet* (de una contradicción se sigue cualquier cosa).

Como puede verse, el reduccionismo ideológico presenta como verdaderas ciertas afirmaciones sobre la vida social que se reducen a bases biológicas, no por su

potencial explicativo, sino por la necesidad de justificación y enmascaramiento, negando o desconociendo deliberadamente la complejidad de la sociedad y de las relaciones intersubjetivas. Entendemos que justificar la violencia por la tendencia que determinados genes producen en los individuos que los poseen, oculta bajo una explicación científica la irresponsabilidad social y política de quienes forman parte de dicho colectivo. Como muestra Rose, la problemática del determinismo biológico nos orienta a la reflexión sobre el papel de los actores sociales frente a la desigualdad social, la pobreza, etc. Rose aboga por una concepción en la que los organismos son homeodinámicos, autorregulados en su devenir, son sistemas abiertos con capacidad de responder a las variaciones ambientales. En el caso concreto de los humanos, esta plasticidad le proviene de su conformación genética, y por tanto es la base biológica la que los configura individuos libres. En la obra *No está en los genes* se expresa esta idea de la siguiente manera:

> Nuestro cerebro, nuestras manos y nuestra lengua nos han hecho independientes de muchas de las principales características específicas del mundo exterior. Nuestra biología nos ha convertido en criaturas que recrean constantemente sus entornos psíquicos y materiales y cuyas vidas individuales son el producto de una extraordinaria pluralidad de vías casuales que se entrecruzan. Por tanto, es nuestra biología la que nos hace libres" (Rose, 2003: 352).

4. Conclusiones

De lo desarrollado hasta acá podemos enunciar las siguientes conclusiones: el determinismo biológico, planteado actualmente en términos de determinismo genético, busca explicar el comportamiento humano a partir de su estructura genética, no sólo a nivel biográfico sino también en cuanto individuo social. El determinismo supone que mediante un proceso evolutivo, los individuos que mejor se adaptaron al medio son aquellos que vemos más favorecidos en el entramado social, ocupando ciertos lugares destacados debido a su constitución genética. Podrá decirse que esta aserción es una afirmación extrema, que dominó los años noventa, pero que ya ha sido superada; con todo, hemos visto cómo en el 2008 han aparecido diversas investigaciones que se basan en la tesis determinista.

Además, se han señalado cuáles son las condiciones que debe cumplir un discurso para ser considerado como científico, y cómo muchas veces las explicaciones que se dicen científicas son en realidad discursos profundamente ideológicos. Es por esta razón que se ha mostrado cómo en los siglos XX y XXI la filosofía de la ciencia ha problematizado la caracterización de la ciencia como "neutral" y como discurso de "verdad".

Podemos afirmar también de modo conclusivo que la postura del determinismo biológico supone una noción de naturaleza humana de corte hobbesiano, caracterizada por el deseo de gloria, la desconfianza mutua y el afán de supervivencia que lleva a una

lucha de todos contra todos. Planteamos también que justamente la sociobiología, cuyos representantes se basan en tal determinismo, investiga las bases biológicas de algunas conductas sociales animales como la agresión, la territorialidad, los sistemas sociales y la elección de pareja. Al tener como objetivo proyectar el concepto de selección natural a los sistemas sociales, reduce el complejo de lo social a su base biológica, más precisamente, a su conformación genética. Como hemos mostrado, ello tiene como consecuencia no sólo la aniquilación de la complejidad del ser humano y de lo social, sino también la pretensión de afirmar que la sociedad actual en su versión capitalista es el resultado inevitable de un proceso evolutivo. Esta tremenda falacia, de tono cuasi científico, enmascara el deseo de *statu quo* de ciertos sectores favorecidos "naturalmente".

Otra conclusión a la que se arriba en el escrito es que el afán de explicar la realidad del modo más simple implica un proceso de reducción, el cual es necesario para poder conocer. Conocemos porque reducimos los elementos a categorías generales que facilitan la comprensión, la intelección y la memoria; a su vez, una teoría puede ser reducida a otra si lo que explica la primera respecto de la realidad se encuentra incluido en lo que la segunda tiene como objeto de estudio. Con todo, si la reducción entre teorías parte de la tesis de que los fenómenos de una teoría T pueden ser reducidos a los fenómenos de la teoría T', anulando dimensiones de lo real, o relaciones complejas y de gran riqueza que no quedan del todo comprendidas en la teoría reductora, entonces caemos en un reduccionismo ontológico. Éste a su vez podría asentarse en una ideología que quiere ganar credibilidad apelando a discursos científicos que expliquen las desigualdades sociales, la pobreza, la delincuencia, etc., desde los genes. Tal proyecto de ciencia denota la intención final de la ideología capitalista: ubicar los problemas sociales en el marco de la evolución, queriendo demostrar que los más aptos genéticamente tienen como consecuencia el éxito social; en cambio, los desfavorecidos por la evolución poseen ciertos genes que, en determinadas circunstancias, provocan conductas delictivas o homosexuales, etc. Dicha falacia anula así el ámbito de la responsabilidad y la libertad, que justamente caracteriza a la especie *homo sapiens sapiens*. Al desconocer lo propiamente humano, también libera a todos de cualquier tipo de carga social, sumiéndonos en una sociedad sin leyes ni proyectos, en un individualismo naturalizado y destructivo.

Ante ello, queremos proponer una reflexión socialmente consciente y comprometida, argumentado a favor de sujetos libres y creativos, cuya configuración biológica es condición de posibilidad de conductas co-responsables, y no de conductas sometidas a la necesidad.

Bibliografía

Agencia EFE. *Estudio descubre tres genes que detonan violencia en jóvenes pobres*, 2008 [citado 30-10-2008]. Disponible en http://www.elespectador.com/noticias/actualidad/articulo-estudio-descubre-tres-genes-detonan-violencia-jovenes-pobres.

Bunge, Mario. 1985. *La investigación científica. Su estrategia y su filosofía*, 1ª ed. Barcelona, España: Ariel.

Diéguez Lucena, Antonio. 2005. *Filosofía de la ciencia*, 1ª ed. Madrid, España : Biblioteca Nueva.

Diéz, José; Moulines, Ulises. 1997. *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*, 1ª ed. Barcelona, España : Ariel.

Eagleton, Terry. 1997. *Ideología. Una introducción*, 1ª ed. Buenos Aires, Argentina: Paidós.

Gould, Stephen Jay. 2003. La evolución como hecho y como teoría. En *Gould. Obra esencial*, editado por Joandomènec Ros. 1ª ed. Barcelona, España: Crítica. Pag: 1001-109.

Wilson, Edward, O. 2001. *La grandeza de la vida*, 1ª ed. Barcelona, España: Crítica.

Kuhn, Thomas. 2001. *La estructura de las revoluciones científicas*, 17ª reimpresión en español. D.F., México : F.C.E.

Lewontin, R.C., Rose, S., Kamin, L.J. 2003. *No está en los genes. Racismo, genética e ideología*, 1ª ed. Barcelona, España: Crítica.

Marx, Marx. 1989. *Contribución a la crítica de la economía política*, trad. de Marat Kuznetsov, Moscú: Progreso.

Rose, Steven. 2001. *Trayectorias de vida. Biología, libertad, determinismo*, Barcelona-Bs. As.: Granica.

Wilson, Edward, O. 1980. *Sociobiología : La nueva síntesis*, 1ª ed. Barcelona, España: Omega.

Wilson, Edward, O. 1975. *Sociobiology:The New Síntesis*, 1ª ed. EE.UU: Harvard University Press.

Wilson, Edward, O. "Human decency is animal" en *New York Times Magazine* (12-10-1975).

CAPÍTULO VII

De la biología compleja a la justicia social en Latinoamérica

Diálogo interdisciplinario para los nuevos retos

Lorena Caballero[*] y Gabriela Coronado[**]

1. Introducción[#]

La emergencia de modelos científicos que reconocen el carácter complejo de los sistemas biológicos, físicos y sociales ofrece nuevas posibilidades para comprender la complejidad inherente en las problemáticas sociales contemporáneas. Desafortunadamente, la aplicación de modelos complejos a fenómenos socioculturales a nuestro parecer no ha alcanzado plenamente su potencial. En parte, ello es debido a la creciente especialización disciplinaria y a la creencia de que tiene que existir un lenguaje único para la comunicación entre las ciencias y las humanidades. Estos dos aspectos han afectando negativamente el desarrollo de teorías que incorporen aspectos constitutivos de la complejidad de los fenómenos estudiados por considerarlos objetos exclusivos de cada disciplina. Nuestro fin es evitar esta separación, y mediante la colaboración de las autoras, bióloga y antropóloga, demostrar el potencial del dialogo interdisciplinario como parte necesaria para la consolidación de paradigmas basados en la complejidad.

[*] Doctora en Ciencias Biológicas, Centro de Ciencias de la Complejidad (C3), Universidad Nacional Autónoma de México. Datos de contacto. Dirección postal: Circuito Mario de la Cueva (s/n), Ciudad Universitaria, Ciudad de México, CP 04510, México. Tel. +52 (55) 56226730. Correo electrónico: lrncaballero@gmail.com

[**] Instituto para la Cultura y Sociedad (Institute for Culture and Society), Western Sydney University, Australia. Datos de contacto. Dirección postal: Locked Bag 1797 South Penrith DC 1797, NSW, Australia. Tel. +61 (2) 9685 9600. Correo electrónico: g.coronado@westernsydney.edu.au

[#] Agradecemos al Centro de Ciencias de la Complejidad (C3) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y a la Universidad de Western Sydney por su apoyo para la realización de este trabajo. Asimismo estamos en deuda con la Dra. Mariana Benítez, Dr. Germinal Cocho, Prof. Bob Hodge, Dra. Dení Rodríguez, y Dr. Juan Carlos Zavala por sus invaluables comentarios.

Para ello iniciamos un proyecto a partir de intereses y objetivos comunes: ambas nos encontrábamos explorando los estudios de la complejidad para su aplicación en nuestras investigaciones y ambas compartíamos la necesidad de cruzar las fronteras que nos imponían nuestras disciplinas formativas. De manera dialógica comenzamos un proceso de trabajo conjunto con el fin de explorar la contribución que la relación entre ciencias naturales y ciencias sociales y humanidades (CSH) puede proporcionar para la integración de acercamientos complejos que respondan a las características de fenómenos complejos, en este caso la interrelación entre naturaleza y sociedad.

Antes de entablar nuestra relación dialógica interdisciplinaria, trabajamos separadamente en nuestras disciplinas bajo la influencia del pensamiento complejo (Morin 1994, Mandelbrot 1992; Waddington 1975, Goodwin 1994; por ejemplo en Caballero 2008a, 2008b, Coronado 2007; Coronado y Hodge 2004) y compartíamos la preocupación acerca de los problemas sociales existentes en México, por lo que decidimos construir un modelo explicativo que expandiera los alcances de cada una de nuestras disciplinas. Los pasos que seguimos son los siguientes:

1. Identificación de la problemática: influencia de la injusticia social en la evolución y desarrollo de poblaciones.
2. Comunicación inicial basada en las propuestas de modelos conceptuales con los que hemos trabajado anteriormente en nuestras disciplinas: a) emergencia de patrones en la evolución y desarrollo y b) co-evolución de procesos civilizatorios a partir del colonialismo.
3. Selección de modelos conceptuales provenientes de las ciencias de la complejidad. Partimos del modelo estudiado por Poincaré, el Sistema de tres cuerpos, como modelo mínimo de complejidad en sistemas dinámicos. Este modelo es complementado por la noción de criticalidad autorganizada, como el momento en donde el sistema dinámico es susceptible a perturbaciones y al mismo tiempo es capaz de responder mediante mecanismos de estabilización que le permitan recuperar su conformación espacio temporal, generando un balance al que se ha llamado punto crítico (Bak *et al.* 1987). Estos conceptos provenientes del estudio de fenómenos naturales pueden ser aplicado a los fenómenos sociales, y puede presentarse como resultado de inestabilidad generada por eventos de diferentes magnitudes, desde confrontaciones sociales cotidianas (con efectos individuales) hasta grandes crisis sociales consecuencia de, o provocadas por, guerras o revoluciones.
4. Dialogo y construcción del modelo conceptual complejo bio-socio-cultural.

Con el fin de ilustrar el valor del dialogo interdisciplinario para la generación de acercamientos complejos, y su potencial en la transformación paradigmática de las ciencias sociales y la biología, este trabajo se propone elaborar un modelo conceptual de la complejidad bio-social. Seguidamente, se procura realizar una aplicación de dicho modo conceptual a problemáticas de justicia social (racismo, discriminación y su concomitante violencia social) mediante la incorporación de patrones de comportamiento como constitutivos de los sistemas biológicos. El resultado ofrece

nuevas posibilidades de comprensión de la dinámica social contemporánea en Latinoamérica, como resultado de la transmisión inter-generacional de características biológicas y condiciones socioculturales, durante más de 500 años a partir de la colonización. La siguiente sección avanza en la elaboración de un modelo conceptual complejo bio-social. La estructura argumental está organizada en cinco momentos. El apartado 2.1 problematiza los retos de la interdisciplinariedad y la complejidad; el apartado 2.2 tematiza la relación entre la metáfora y el cambio paradigmático; el apartado 2.3 explora un dialogo conceptual entre biología y antropología; el apartado 2.4 indaga en las interacciones complejas en la reproducción y desarrollo de los seres vivos; y finalmente, el apartado 2.5 aborda la co-evolución social en Latinoamérica y su relación con lo biológico.

2. Hacia un modelo conceptual complejo bio-social

El diálogo entre las disciplinas, en el marco de paradigmas no lineales, es decir en donde se reconoce que el resultado de las interacciones entre las partes va más allá de la suma de ellas, representa un cambio en el acercamiento a la comprensión de los sistemas vivos. Dada la interdependencia entre los aspectos naturales y sociales constitutivos de los fenómenos que estudiamos, asumimos que la interrelación de nuestras disciplinas se establece de manera equivalente. Ambos fenómenos (el dialogo entre biología y antropología y los fenómenos a estudiar) muestran condiciones inherentemente complejas. En dichas condiciones es posible que en momentos de tensión los sistemas puedan llegar a puntos críticos, como los propuestos por Bak *et al.* (1987), en donde se produzcan transformaciones inesperadas, creatividad a partir del caos. Nuestra expectativa es que la transformación emergente de la criticalidad en el que se hallan diversas áreas del conocimiento, junto con las tensiones interdisciplinarias que emergen de la colaboración, nos permitirán demostrar el potencial del diálogo interdisciplinario para lograr una mayor profundidad en el conocimiento (un efecto mariposa en el sentido de Lorenz 1973). Como resultado del diálogo desarrollamos un modelo conceptual compartido basado en las teorías del caos y la complejidad, y como mecanismo de intercomunicación entre las disciplinas utilizamos el lenguaje metafórico. En este proceso hemos encontrado algunas dificultades en la interacción entre disciplinas científicas y humanistas. Brevemente expondremos los retos que identificamos en nuestra interacción y los mecanismos que desarrollamos como herramientas compartidas.

2.1. Retos de la interdisciplinariedad y la complejidad

Aún cuando los estudios sociales han tratado de legitimarse utilizando métodos y metáforas provenientes de las ciencias naturales, la influencia de los paradigmas lineales en la evolución del pensamiento científico ha sido en detrimento del potencial que los estudios sociales tienen para desarrollar análisis e interpretaciones que

respondan más adecuadamente a las características inherentemente complejas de la realidad económica, social, cultural y política. En las últimas décadas los acercamientos no lineales en la investigación de fenómenos físicos, químicos y biológicos complejos considerados como sistemas dinámicos ofrecen nuevos modelos científicos que consideramos relevantes para el estudio de problemáticas sociales (por ejemplo Mandelbrot 1992, Lorenz 1973, Prigogine y Stengers 1984, Waddington 1975, Margulis y Sagan 1997, Stuart Kauffman 1993, Brian Goodwin 1995, Germinal Cocho 1999). La sustitución de teorías y métodos lineales, predominantes en la ciencia social positivista, por acercamientos basados en el pensamiento complejo hará posible un cambio paradigmático que beneficiará al desarrollo del conocimiento mediante la aplicación de herramientas conceptuales más adecuadas para enfrentar los retos de la sociedad contemporánea: acercamientos complejos para problemas complejos.

Desafortunadamente, la incorporación de teorías y métodos provenientes del estudio de la complejidad requiere resolver el problema de incomunicación entre las ciencias y las humanidades. La incomunicación entre disciplinas ha sido fomentada por el desarrollo de lenguajes intra-disciplinarios por medio de los cuales los especialistas se identifican y diferencian de otros especialistas. Es típico que el lenguaje usado en una disciplina se viva como sentido común, como lengua cotidiana, pero sea visto como jerga incomprensible fuera de ella. De este modo se desarrollan lenguajes disciplinarios excluyentes que dificultan la transferencia de conocimientos y avances alcanzados en cada disciplina. En la comunicación entre grupos interesados en la comprensión de patrones complejos esta dificultad se acrecienta dada la sofisticación matemática y uso especializado de lenguajes digitales para la programación de modelos computarizados. Los humanistas intentan incorporar ideas provenientes de modelos complejos pero en muchos casos están limitados por el desconocimiento del lenguaje matemático que predomina en los estudios de dinámica no lineal y sistemas complejos.

Ante esta dificultad podemos mencionar dos estrategias que hemos identificado en la literatura y en nuestra propia experiencia: la primera, muy común, es recurrir a un especialista que diseñe un modelo matemático o un programa computacional que pueda ser usado para capturar la información y aplicado de manera automatizada. Esta estrategia si bien puede producir resultados importantes, a nuestro parecer no resuelve la necesidad del diálogo interdisciplinario, por el contrario. El riesgo de incomprensión entre el humanista y el matemático, por ejemplo, puede producir distorsiones que afecten la aplicación automatizada con consecuencias que pudieran ser catastróficas. Otra opción ha sido la utilización de conceptos provenientes de investigaciones científicas complejas, incluidos en artículos científicos y textos de difusión, enfocándose en las explicaciones y principios expuestos pero sin considerar las matemáticas que los sustentan. A partir de la comprensión del modelo científico se procede a su aplicación en un sentido metafórico. Esta opción aplicada en aislamiento también corre riegos; en este caso el de la sobre simplificación y aplicación inadecuada de los conceptos.

Dado el papel que el lenguaje metafórico juega en la transferencia de conocimientos científicos, en este trabajo usaremos como puente interdisciplinario la segunda estrategia, el uso de teorías y conceptos de la complejidad como modelos metafóricos. Sin embargo, nos interesa destacar como imperativo la importancia del diálogo, como garantía para la transferencia de los principios que fundamentan los modelos complejos proporcionados por las ciencias naturales, como metáforas aplicables a los fenómenos sociales. En el proceso de aplicación metafórica es posible también identificar aspectos sociales que resaltan elementos de similitud y diferencia entre los fenómenos naturales y sociales, y su interacción.

2.2. Metáforas y cambios paradigmáticos

La metáfora ha sido fuente de atención de filósofos, lingüistas, pedagogos y científicos quienes desde sus diferentes intereses han desarrollado conceptualizaciones que manifiestan la complejidad del fenómeno. No es nuestra intención discutir las múltiples interpretaciones, sobre sus funciones y características. Nos avocaremos sólo a clarificar como conceptualizamos el término y el uso que le damos en nuestro proyecto interdisciplinario. La definición más común del término metáfora proviene de Aristóteles: "Una metáfora consiste en dar a una cosa el nombre que pertenece a algo diferente; siendo la transferencia tanto de clase a especie, o de especie a clase, o de especie a especie o en términos de una analogía"[1] (Poetics 1457 b6-9 en Ricoeur 2008:13). Si bien esta definición refiere en términos generales a la capacidad expresiva del lenguaje contiene elementos relevantes, en particular su productividad en la generación de comparaciones implícitas, basadas en los principios de analogía. Como parte de los procesos intrínsecos al lenguaje proponemos entonces que las metáforas son constitutivas de todo lenguaje científico y cotidiano, y por lo tanto útiles como herramientas de intercomunicación. En este sentido definimos a las metáforas siguiendo la propuesta de Thomas Kuhn:

> Metáfora refiere a todos aquellos procesos en donde la yuxtaposición ya sea de términos o de ejemplos concretos conlleva una red de similitudes que ayudan a determinar la manera en que el lenguaje se conecta con el mundo (415) […] Las metáforas juegan un papel esencial en el establecimiento de vínculos entre el lenguaje científico y el mundo. Estos vínculos no son, sin embargo, dados de una vez y para siempre. En particular, el cambio en la teoría se acompaña del cambio en algunas de las metáforas relevantes y en

[1] "Metaphor consists in giving the thing a name that belongs to something else; the transference being either from genus to species, or from species to genus, or from species to species, or on grounds of analogy". Las citas son nuestra traducción del original en inglés.

> las partes correspondientes de la red de similitudes por medio de las cuales los términos se conectan a la naturaleza[2] (1979: 415-416).

Además de su valor como medio de comunicación en la transmisión del conocimiento, nos interesa destacar su valor como función instrumental en el manejo de realidades excesivamente complejas y por ello más allá del alcance de la mente humana. En este sentido proponemos que las metáforas son modelos simplificadores de la complejidad existente, de ahí su valor como modelo científico. Es importante sin embargo evitar que dicha simplificación sea reduccionista, excluyendo prematuramente el reconocimiento de los principios constitutivos del fenómeno (Gleick 1987). Las metáforas deben ser consistentes con las características de los fenómenos que representan. Si consideramos el caso de los sistemas de autorganización, que manifiestan la emergencia potencial de infinitas transformaciones pero contienen mecanismos delimitadores que reducen su complejidad, podemos interpretar a las metáforas como herramientas de autorganización del lenguaje, que en sí es un sistema complejo. En este sentido las metáforas como modelos representan la complejidad inherente al fenómeno que refieren. Las redes de similitud seleccionadas para el establecimiento de las analogías variarán en función de los avances en la comprensión de los fenómenos estudiados. Como propone Kuhn en la siguiente cita, [el carácter] "abierto-sin límites o no explícito de la metáfora tiene un importante (y yo pienso preciso) paralelo en el proceso por el cual los términos científicos son introducidos y posteriormente utilizados"[3] (409).

La conceptualización de las metáforas como modelos complejos permite vincular el valor epistemológico de su uso en las humanidades con su equivalente en las ciencias naturales, el modelo científico. Esta asociación es acorde con el manejo de las metáforas en las ciencias (Kuhn 1979). Aplicando la relación entre modelo y metáfora con respecto a las teorías del caos y la complejidad proponemos usar algunos modelos no lineales provenientes del estudio de fenómenos físicos, químicos o biológicos con el objetivo de generar explicaciones nuevas al aplicarlos metafóricamente a fenómenos de naturaleza distinta; es decir, de lo social a lo biológico y de lo biológico a lo social.

El uso de metáforas científicas en las ciencias sociales para describir fenómenos considerados como similares no es nuevo, sin embargo su orientación lineal y en ocasiones su manipulación motivada por intereses ideológicos ha generado interpretaciones inadecuadas. Por ejemplo en el darwinismo social en donde la aplicación determinista de la teoría de la selección natural y la ventaja del más fuerte se

---

[2] "Metaphor refers to all those processes in which the juxtaposition either of terms or of the concrete examples calls forth a network of similarities which help to determine the way in which language attaches to the world.... Metaphor plays an essential role in establishing links between scientific language and the world. Those links are not, however, given once and for all. Theory change, in particular, is accompanied by a change in some of the relevant metaphors and in the corresponding parts of the network of similarities through which terms attaché to nature."

[3] The open-endedness or inexplicitness of metaphor has an important (and I think precise) parallel in the process by which scientific terms are introduced and thereafter deployed.

ha usado para justificar la explotación colonialista y para legitimar la exterminación de razas no aptas, "impuras". En nuestra propuesta la idea es sustituir el marco determinista y lineal de las ciencias sociales introduciendo metáforas provenientes de modelos científicos complejos para desplazar el predominio de acercamientos reduccionistas y promover el paso a una ciencia social no lineal. Sin duda ello no elimina el riesgo que la trivialización y manipulación de las metáforas pudiera presentar. Se requiere estar alerta con respecto a los procesos de atribución de similitud entre los fenómenos y garantizar una mayor comprensión de los modelos científicos antes de ser usados metafóricamente. Sólo de este modo es posible incorporar su potencial positivo en la transferencia de conocimientos entre disciplinas.

2.3. Dialogo conceptual entre biología y antropología

Nuestro diálogo recurre al uso de modelos científicos complejos como metáforas, considerando su potencial como "instrumentos cognitivos mediante los cuales sus usuarios pueden alcanzar perspectivas novedosas de un dominio de referencia"[4] (Black 1979: 40), y con la expectativa de que como afirma Ortony "algo nuevo es creado cuando una metáfora es comprendida"[5] (1979:5); en este caso al ser aplicada a fenómenos de diferente naturaleza. En el caso que nos ocupa, la interdisciplina entre biología y antropología, es necesario reconocer la existencia de ideologías que refuerzan la hegemonía de algunas disciplinas y paradigmas, y la separación entre ellas y sus campos disciplinarios. Los científicos sociales se olvidan con frecuencia del carácter animal del ser humano, como si la evolución hacia los homínidos y el desarrollo de la racionalidad cancelaran la importancia de los aspectos biológicos (Morin 1974). Los biólogos por su parte muchas veces ignoran lo social como si su impacto fuera insignificante para explicar procesos biológicos. En contra de esta presunción nos sumamos al planteamiento propuesto por Jablonka y Lamb (2007: 365):

> Si como biólogos reconocemos que los conceptos de herencia y evolución han ido más allá del ADN y de los "genes egoístas" y reconocemos que las variaciones transmitidas conductual y culturalmente han sido significativas en la evolución de los animales y los humanos, entonces el antagonismo hacia las ciencias sociales podría desaparecer. La incorporación de un concepto más amplio de herencia en el pensamiento evolucionista podría ayudar a remover algunos prejuicios de los científicos sociales con respecto a las interpretaciones biológicas del comportamiento humano y las sociedades. En el futuro, todo biólogo(a) necesitará ser más

[4] "Cognitive instruments through which their users can achieve novel views of a domain of reference"
[5] "something new is created when a metaphor is understood"

> científico social, y todo científico social necesitará ser más biólogo[6].

La interdisciplina entre biología y ciencias sociales no es nueva. Si bien la colaboración ha sido experimentada con anterioridad[7], a nuestro parecer es todavía insuficiente y en muchos casos ha privilegiado acercamientos deterministas y con connotaciones ideológicas que reproducen teorías y aplicaciones para beneficio de los portadores de poder en las sociedades. En algunos casos los estudios interdisciplinarios se centran predominantemente en el reconocimiento del comportamiento social en animales, que en ocasiones proporciona bases experimentales comparativas para el estudio del impacto del ambiente social en lo biológico (véase por ejemplo McGowan *et al.* 2009). En otros casos la interdisciplina privilegia la influencia de lo biológico sobre comportamientos culturales, pero aún son escasos los estudios centrados en la influencia inversa. En este aspecto los estudios sobre epigenética empiezan a mostrar la interacción compleja entre lo biológico y lo social[8]. En el marco de los debates alrededor de la nueva síntesis darwiniana (véase Jablonka y Lamb 2005) Waddington (1975) propuso a la epigénesis como una síntesis más realista para entender la manera en la que se construyen las formas vivas.

La comprensión de los mecanismos epigenéticos constituye un elemento fundamental para nuestro diálogo. Estos estudios proponen un modelo de interrelación dinámica entre diferentes niveles biológicos y ambientales (naturales y sociales) como fundamento para entender el papel del desarrollo en la herencia y la evolución biológica. En la herencia epigenética se reconoce el carácter biológico cultural como parte inseparable de la evolución y desarrollo de los seres humanos, lo que permite conceptualizar a lo social como intrínsecamente vinculado al sistema biológico (Jablonka y Lamb 2005). Es decir, los comportamientos sociales, incluyendo a la conducta y la comunicación simbólica[9], como parte del campo epigenético son considerados dentro de las redes complejas y se vinculan íntimamente con las restricciones biológicas impuestas históricamente por el sistema genético-epigenético-ambiental sociocultural.

La introducción de un marco de complejidad en la relación bio-socio-cultural implica en principio un planteamiento que reconoce la influencia recíproca de lo

---

[6] "As biologists recognize that the concepts of heredity and evolution have to go beyond DNA and "selfish genes," and acknowledge that behaviorally and culturally transmitted variations have been significant in the evolution of animals and man, some of their antagonism towards the social sciences may disappear. Incorporating a broader concept of heredity into evolutionary thinking may also help to remove some of the social scientists' prejudices about biological interpretations of human behaviors and societies. In future, a biologist will need to be more of a social scientist, and a social scientist will need to be more of a biologist."

[7] Por ejemplo en la sociobiología, cuyo carácter determinista ha dado pie a fuertes controversias.

[8] Un ejemplo es el proyecto dirigido por Sarah Gehlert (*et al*. 2010) sobre la relación entre cáncer mamario y estrés asociado con contextos caracterizados por alto grado de criminalidad

[9] Estos dos elementos son tomados por Jablonka y Lamb (2005) como dos dimensiones diferentes (de las cuatro que propone). Sin embargo, desde una perspectiva antropológica la separación entre conducta y simbolismo resulta más problemática que productiva, por lo que en nuestro modelo lo consideramos un campo único.

biológico y lo social y su potencial para generar resultados inesperados. En nuestro diálogo partimos de los trabajos que han emergido en el área de la epigénesis. En su propuesta se considera a los procesos implicados en el desarrollo embrionario como la interrelación de rasgos genéticos y no genéticos, es decir no codificados solamente en la secuencia del ácido desoxirribonucleico (ADN) (Van Speybroeck *et al*. 2002). Si asumimos que en la secuencia de genes no está determinado todo lo referente a los sistemas biológicos y que incluso a nivel genético existen interacciones complejas entre genes, que ponen de manifiesto la falta de solidez del determinismo genético (ver Alvarez-Buylla *et al*. 2007), entonces es posible ver que los avances en los estudios de epigenética pueden representar un cambio de paradigma muy importante para entender la evolución de las culturas. Gracias a dichos estudios podemos entender que nuestra parte biológica no se limita a la secuencia del ADN sino que emerge de la interacción compleja entre los genes y con el medio ambiente, generando la otra herencia, la herencia epigenética.

2.4. Interacciones complejas en la reproducción y desarrollo de los seres vivos

Como punto de partida conceptual utilizamos la propuesta de Poincaré, publicada en 1890 en su trabajo titulado "Acerca del problema de los tres cuerpos y de las ecuaciones de la dinámica"[10]. El sistema de tres cuerpos es un modelo científico que simboliza la máxima simplificación posible, y representa metafóricamente a las interacciones sistémicas. El sistema de Poincaré da cuenta de la interacción entre el sol, la tierra y la luna demostrando la imposibilidad de predicciones deterministas basadas en los cálculos de Newton de las órbitas de los planetas, cálculos que excluyen la interacción recíproca de los cuerpos celestes y, por lo tanto la base original para los cálculos de la atracción gravitacional tenía fallas. Consideramos que el trabajo de Poincaré representa un punto crítico en la transformación paradigmática de lo lineal a lo no lineal. La demostración de que incluso una influencia que parece insignificante (en su caso la luna) produce cambios significativos en la evolución del sistema debido a la sensibilidad a las condiciones iniciales características de los sistemas caóticos, representa a nuestro parecer un punto de partida útil para cualquier aproximación al estudio de la complejidad[11].

Tomando como base el sistema de tres cuerpos proponemos la inclusión de la genética, el campo epigenético y el ambiente sociocultural como los tres componentes mínimos del sistema. Es éste el modelo metafórico que utilizamos como acercamiento común en la colaboración dialógica (Ver Figura 1).

[10] Véase la versión en inglés en Poincaré (1963).

[11] Bajo la influencia del trabajo de Poincaré, el principio de interdependencia entre los tres cuerpos fue posteriormente retomado por Lorenz (1993) en su propuesta sobre el efecto mariposa (véase Merrill 2009).

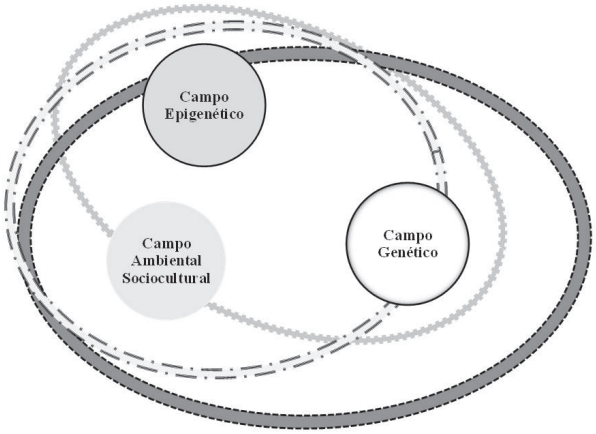


Figura 7.1. El sistema de tres cuerpos de los seres vivos.

La importancia de este modelo es el reconocimiento del efecto que cada uno de los tres cuerpos puede tener en los otros con el potencial de provocar la emergencia de patrones genéticos, epigenéticos y/o de comportamiento sociocultural. A diferencia del sistema planetario en este caso hemos deliberadamente evitado identificar uno de los cuerpos como el centro alrededor del cual giran los otros cuerpos. En este sentido nuestro modelo es un instrumento para explorar cada una de las orbitas en relación a su efecto en las otras órbitas, lo que nos permite enfocarnos en aspectos que han sido poco considerados en el análisis de las interacciones biológico-socioculturales. Es decir la figura representa el instrumento intelectual con el cual establecimos el diálogo e identificamos aspectos explicativos relevantes que por su invisibilidad en modelos disciplinarios (con frecuencia lineales) no han sido considerados en la comprensión de la herencia biológica y su influencia en la injusticia social contemporánea.

La simplificación del modelo no significa que desconozcamos que la dinámica de los fenómenos vivos, como sistemas complejos, incluye tanto aperiodicidad como mecanismos de autorganización. En la dinámica de interrelación entre los tres cuerpos existen patrones estructurantes con atractores y jerarquías. Ello nos permite proponer que en el caso de los sistemas vivos lo genético les da robustez; lo epigenético los mantiene en el punto crítico que les permite pasar a otro estado, y la plasticidad del ambiente sociocultural permite flexibilidad que promueve la emergencia de creatividad, creatividad que no necesariamente garantiza la continuidad del sistema. Para nuestro diálogo es importante enfatizar la influencia recíproca entre ellos. La interdependencia entre las orbitas puede colocar a los fenómenos vivos en diferentes estados de equilibrio: en ocasiones en estados cercanos al equilibrio, en otros momentos estados lejanos al equilibrio y al borde del caos, punto de emergencia de la creatividad del sistema y su transformación (Prigogine y Stengers 1984). La emergencia de estados críticos nos permite concordar con la famosa frase: la vida se desarrolla en el borde del caos. Es decir consideramos a los fenómenos vivos como un proceso continuo de autorganización.

La autorganización es una característica de los sistemas dinámicos complejos en los que, dado que son sistemas abiertos, la interacción de las partes, incluida la interacción con el medio ambiente, genera otros niveles de organización. A esto se le ha llamado emergencia. En momentos críticos (al borde del caos) se desatan procesos de retroalimentación con la consecuente transformación del sistema. Al mismo tiempo el sistema mantiene su identidad mediante mecanismos de re-ordenamiento. En este sentido es importante mencionar la interpretación propuesta por Martínez Mekler (200l: 8):

> Un sistema completamente ordenado no es capaz de guardar y procesar información, puesto que para hacerlo habría que desordenarlo. [Es necesaria] una situación intermedia, con suficiente orden para poder sustentar procesos pero con una dosis exacta de desorden para poder explorar y adaptarse a situaciones novedosas.

El balance entre orden y desorden en los sistemas vivos es un punto espacio temporal que le confiere al sistema creatividad en equilibrio caótico y estabilidad; alcanza su mayor intensidad y se desata un proceso de transformación (Whieland-Burston 1992). En cada momento es posible que aparezcan ciclos de retroalimentación positiva (*positive feedback loops*) o de retroalimentación negativa con el consecuente aumento del efecto en el primer caso o como mecanismo de estabilización en el segundo, ambos parte de procesos de auto-organización del sistema (Briggs y Peat 1989).

Habiendo establecido el marco conceptual con el que interpretamos a las dinámicas complejas de los fenómenos vivos, a continuación exploramos las implicaciones de la interdependencia de los cuerpos en la órbita socio-cultural.

2.5. Co-evolución social en Latinoamérica y su relación con lo biológico

En un trabajo anterior a la colaboración interdisciplinaria Coronado (2003) desarrolló un modelo que intentaba superar las interpretaciones dicotómicas en la explicación de la complejidad cultural y de la identidad. Este modelo de co-evolución (representado en la Figura 2) proponía implícitamente un proceso de ciclos de retroalimentación en donde la interacción entre elementos culturales provenientes de las diferentes civilizaciones y sus matrices culturales (Bonfil 1987, Ribeiro 1976) generaba simultáneamente emergencia de identidad y diferenciación entre ellas, y con relación a las etapas anteriores. Si bien en el diagrama las dos vertientes civilizatorias aparecen paralelas su posición de poder en el contexto de la conquista y las subsecuentes etapas desde el colonialismo hasta el presente han privilegiado a los sectores que heredaron el poder colonial y que se consideran representantes de la cultura occidental. Históricamente éstos han marginado a aquellos que evidentemente pertenecen a los sectores indoamericanos. Los procesos históricos de mestizaje resultantes de la interacción son relevantes más allá de lo cultural dada su vinculación

con lo genético y epigenético, y aunque su discusión a profundidad rebasa la dimensión de este trabajo nos referiremos a ello en la discusión sobre los aspectos raciales de la injusticia social (ver sub-apartado 2.5.1).

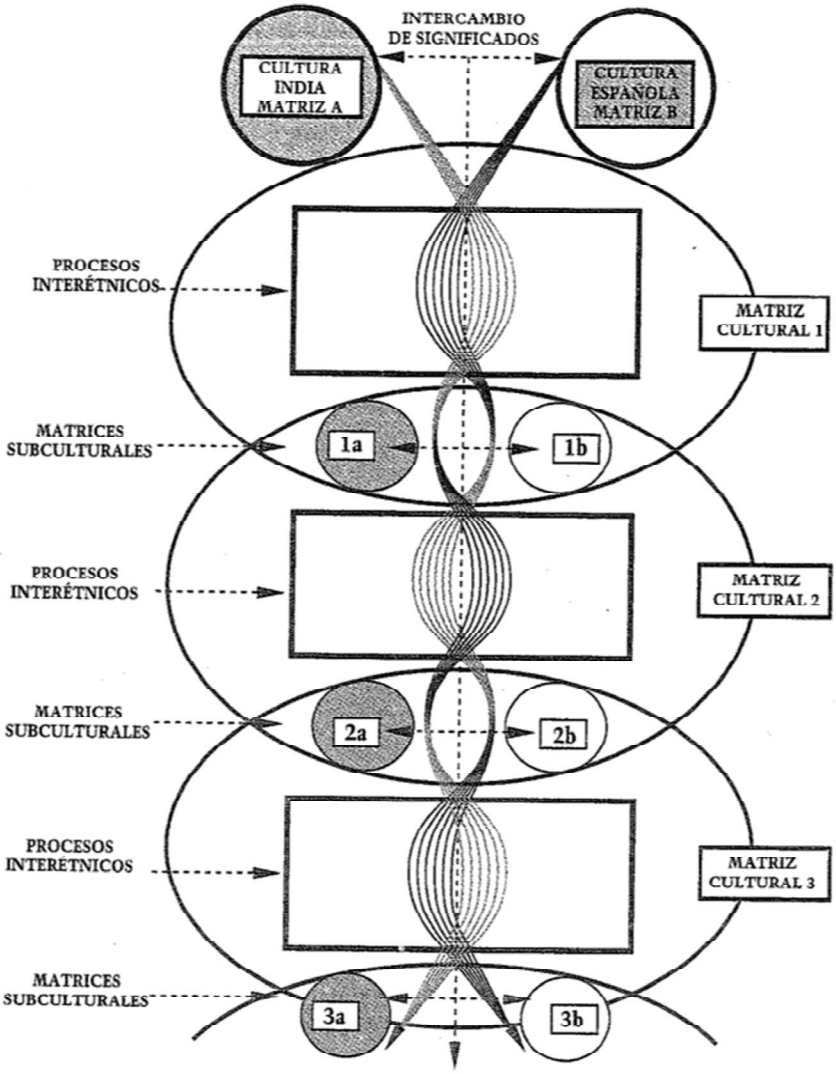


Figura 7.2. Modelo de co-evolución propuesto por Coronado (2003: 59).

En la co-evolución cultural los procesos civilizatorios que interactuaron en el momento inicial, la conquista y colonización originando una crisis de gran magnitud, incluían las matrices culturales de las civilizaciones indoamericanas y la civilización occidental (Bonfil 1987). El resultado, sin embargo, no fue un simple proceso de mezcla que produjo una nueva sociedad homogénea. Se trata más bien de la emergencia de variedades culturales (subculturas) en constante transformación, tanto

dadas sus características dinámicas estructurales como su interacción con el ambiente circundante, que incluye otras culturas y subculturas provenientes de diferentes procesos civilizatorios. Éstas se han desarrollado en contextos sociales definidos por relaciones de poder entre grupos y en función del tipo de interacción entre ellas en los diferentes acontecimientos críticos a lo largo de su historia (confrontación o colaboración). El potencial generativo de estas interacciones en situaciones de crisis de diversa magnitud es enorme; sin embargo, la emergencia de manifestaciones creativas se limita por su vinculación con la matriz cultural originaria y por procesos de interacción en el contexto biosocial inmediato. Considerando la existencia de mecanismos de autoroganización que limitan la realización de todas las posibilidades emergentes de la interacción entre los elementos del sistema (Maturana y Varela 1987; Cocho y Miramontes 2000), el resultado es el mantenimiento de su identidad y su transformación.

La matriz cultural en este sentido puede ser interpretada como sostén de un sistema de autorganización por medio del cual la herencia cultural se transmite en el colectivo y se transforma con respecto a la cultura originaria. Haciendo analogía con los modelos biológicos el sistema cultural replica la complejidad del sistema de tres cuerpos: la matriz cultural (cuerpo genético), procesos de desarrollo (cuerpo epigenético) y naturaleza y sociedad (cuerpo ambiental). Si bien el modelo de co-evolución fue construido para explicar procesos culturales es evidente su impacto en las dinámicas sociales y económicas que generaron fenómenos de racismo y otras formas de discriminación. En especial, si lo vinculamos con la relación entre lo biológico y las dinámicas de poder la diferencia fenotípica que emergió del mestizaje de las dos corrientes civilizatorias funciona como un marcador de diferenciación en términos de acceso o exclusión social, económica y cultural, con consecuencias en las tensiones sociales, la salud, la educación y el entretenimiento.

En este sentido es posible considerar que las sociedades latinoamericanas, y sus dinámicas sociales de injusticia económica y social, pueden interpretarse como resultado de una condición inicial de turbulencia provocada por un acontecimiento crítico. Dado su carácter complejo, y la distancia temporal de más de 500 años, las consecuencias de dicho acontecimiento no pueden reducirse sólo a la etapa subsecuente. Dada la sensibilidad a las condiciones iniciales en sistemas fuera del equilibrio (Lorenz 1973) este acontecimiento desencadenó procesos complejos que incluyeron imposición y resistencia, produciendo trayectorias desatadas por múltiples puntos críticos, resultado de la interacción entre grupos diferenciados por su origen cultural, económico y racial. Los incidentes pueden haberse presentado a nivel nacional o local, e incluso individual y han incluido tanto formas de interacción conflictiva como de colaboración. Si introducimos en esta explicación el aspecto biológico con respecto a la diferenciación racial es evidente que la problemática de injusticia social no puede ser comprendida ni eliminada mediante acciones separadas que desconozcan la interdependencia de los tres cuerpos.

Recientes investigaciones en epigenética con respecto a la interdependencia de los procesos sociales con la herencia biológica y su impacto en la salud han

demostrado que cada uno de los cuerpos incluidos en nuestro modelo contribuye en la transmisión de características biológicas en el desarrollo fetal y post natal y en el comportamiento sociocultural resultado de un largo proceso evolutivo como ser social, con un impacto mutuo entre cada uno de ellos (véase por ejemplo McGowan *et al*. 2009; Fish *et al.* 2004; Kuzawa y Sweet 2008). A partir de dichos resultados nuestra reflexión se centra en la incidencia de procesos fisiológicos generados en condiciones de tensión social y su impacto en las dificultades para disminuir la brecha entre sectores de población en condiciones de desventaja con respecto a las condiciones estándar globales.

2.5.1. Complejidad racial, epigénesis y justicia social

En la construcción del modelo dialógico nos centraremos en un aspecto compartido en las dos disciplinas -la antropología y la biología-, la variación en la herencia racial y sus consecuencias en los comportamientos sociales. El concepto de raza ha sido definido de diferentes maneras en función de la orientación disciplinaria. Considerando que existen diferencias genéticas mínimas entre razas se ha tendido a evadir su uso sustituyéndolo por otros aspectos asociados al predominio de ciertos grupos raciales en condiciones de desventaja. Es así que con frecuencia se recurre al uso de categorías culturales como la etnicidad en lugar de hablar de sus características raciales. Esta estrategia, sin embargo, puede presentarse como una negación de la realidad socialmente construida en donde las diferencias raciales, en este caso entre morenos y blancos, definen los mecanismos de marginación o privilegio claramente asociados con identificadores biológicos, aunque no exclusivamente.

A nosotras nos interesa enfatizar el concepto de raza (vinculado al cuerpo genético y epigenético) y el consecuente racismo como parte de las dinámicas de reproducción de la injusticia social que emergieron del acontecimiento critico inicial: la conquista de las civilizaciones indoamericanas por la civilización occidental, principalmente española y portuguesa en el caso de Latinoamérica. La *American Anthropological Association* define el concepto de raza "como una categoría socialmente construida que tiene implicaciones biológicas, en lugar de ser un criterio genéticamente justificado para la clasificación de variación humana"[12] (mencionada por Kuzawa y Sweet 2008: 4). Esta definición emerge del reconocimiento de la diversidad en la variación biológica y la complejidad en la transmisión de rasgos fisiológicos específicos:

> Variaciones físicas en cualquier rasgo dado tienden a ocurrir gradualmente más que abruptamente en amplias áreas geográficas. Y dado que los rasgos físicos son heredados independientemente uno de otro, el conocimiento de la presencia de un rasgo no predice la presencia de los otros… Estos hechos reducen cualquier intento

[12] "We define race as a socially constructed category that has biological implications, rather than a genetically justified criteria for classifying human variation."

> de establecer líneas de división entre poblaciones biológicas haciéndolas tanto arbitrarias como subjetivas[13] (AAA 1998).

Aunque concordamos con el riesgo de establecer asociaciones inadecuadas con respecto al carácter biológico de la diferenciación racial, la exclusión de lo genético presenta problemas para entender la complejidad inherente en el sistema de tres cuerpos. El criterio genético no es suficientemente discreto como para diferenciar a los grupos en clasificaciones rígidas, pero ello no implica que dicha variación sea insignificante en el contexto social. La condición social de las razas en México (y con sus relativas diferencias en toda América Latina) requiere introducir varios elementos como parte de su complejidad. En principio necesitamos considerar la profundidad histórica de la co-evolución racial con el consecuente mestizaje y la sobre posición de otras características económicas, sociales y culturales que "tiñen" la percepción de diferencia entre grupos. No se trata de un fenómeno que se define objetivamente en términos binarios, soy moreno no soy moreno, ergo soy indígena no soy indígena. En la interacción social el aspecto racial se presenta como un fenómeno de influencia recíproca entre la auto-percepción y la percepción de los otros. Es decir la identidad racial es dinámica en función de las relaciones sociales de aceptación o rechazo.

Las manifestaciones fenotípicas de la diferencia racial como el color de la piel, el pelo, los ojos, los rasgos corporales (altura, estructura ósea, estructura craneal, etcétera), aparecen efectivamente en un rango difuso, resultado del iterativo proceso de mestizaje, generando un continuo que va desde lo más indígena hasta lo más europeo. La diversidad racial resultado de dicho proceso co-evolutivo funciona como marcador de identificación, que es complejizados aún más por indicadores de clase o estatus en el marco de estructuras sociales de poder. La complejidad puede sintetizarse en algunas frases que personalmente hemos escuchado, y aunque anecdóticas refieren a la dinámica socio-biológica en la que se establecen tensiones interraciales, interclases, interculturales y/o intraculturales, con connotaciones ideológicas en donde ciertos rasgos raciales se asocian con cualidades consideradas socialmente como positivas o negativas: "Soy moreno pero bonito", "no soy indio pues soy gente de razón", "soy güero, soy bonito". Como todo fenómeno social su contraparte también existe y se manifiestan fenómenos de racismo inverso que desde nuestra perspectiva caracterizan el resentimiento social: "qué, ¿crees que por ser güero te voy a atender?".

En la percepción racial y los comportamientos asociados con dicha tipificación (aceptación o rechazo, superioridad o inferioridad, agresión o solidaridad) la transmisión de rasgos genéticos y cómo estos se desarrollan en el campo epigenético son fundamentales para entender la relación entre el sistema genético-epigenético ambiental y el modelo de co-evolución. En este marco de reflexión nos preguntamos ¿Cómo dicha percepción de identidad racial (de sí mismo y del otro) influye sobre la

[13] "Physical variations in any given trait tend to occur gradually rather than abruptly over geographic areas. And because physical traits are inherited independently of one another, knowing the range of one trait does not predict the presence of others.... These facts render any attempt to establish lines of division among biological populations both arbitrary and subjective".

reproducción de características biológicas? ¿Es el rango de color, por ejemplo, resultado de procesos epigenéticos influidos por comportamientos asociados con el racismo y la violencia social? ¿Son las condiciones experimentadas en la vida cotidiana determinantes en la perpetuación de condiciones de desventaja?, o por el contrario ¿Cuáles son las respuestas ante la adversidad que ayuden a contrarrestar dichas desventajas? Responder a dichas preguntas es imposible en el marco de este trabajo. Cada una de ellas requeriría investigaciones a fondo, que contemplen la relación entre los tres cuerpos. En su lugar y dada su importancia exploraremos algunas implicaciones de la investigación sobre epigenética y su vinculación con fenómenos de injusticia social.

2.5.2 Herencia epigenética y ambiente sociocultural

Como reacción en contra del determinismo genético prevaleciente en las ciencias biológicas a finales del siglo pasado, los estudios en epigenética han tomado fuerza. En ellos es posible encontrar importantes avances en el reconocimiento de la influencia de condiciones ambientales en la modificación de características biológicas, en especial en las etapas del desarrollo prenatal y lactancia, pero también a lo largo de la vida. Existen ya muchos ejemplos que muestran que las condiciones de alimentación en el útero, crianza y durante la vida modifican la manera en la que se codifican los genes debido a marcajes epigenéticos (por ejemplo véase Feil 2006). Se han descubierto mecanismos epigenéticos a diferentes escalas biológicas, desde interacciones moleculares específicas, hasta fenómenos relacionados con la complejidad simbólica y social. Uno de los ejemplos que los estudios en biología molecular han descrito para entender la herencia epigenética refiere a las asas de retroalimentación del ADN, que regulan la manera en que se expresan ciertos genes. Esta información, que se relaciona con la parte estructural de la molécula de ADN, es heredada a las células hijas. Este hecho es fundamental ya que coloca a la herencia a una escala estructural, en un nivel distinto al de la secuencia de genes.

Otros fenómenos químicos de importancia son aquellos llamados de marcaje epigenético, que actúan en la regulación genética, es decir en la manera en la que se expresan los genes. Un estudio clave en la comprensión del efecto ambiental en los mecanismos genéticos está asociado con la metilación del ADN. En este proceso se inserta un grupo metilo (CH-3) en una parte de la secuencia de la molécula, preferentemente en zonas con mayor abundancia de Citosina y Guanina (C y G son bases nitrogenadas complementarias en las cadenas de ADN), y determina si se traduce o no el gen adyacente, influyendo en gran medida en la actividad de las células. Dicha metilación puede conservarse en las siguientes generaciones. Es decir, las marcas epigenéticas se conservan en las células de dicho linaje, actuando como herencia epigenética. Este tipo de marcaje se ha observado también mediante otros mecanismos químicos como la acetilación, la fosforilación y la ubiquitinación, que funcionan como agentes involucrados en la remodelación de la cromatina (la secuencia de ADN y proteínas asociadas).

La relevancia de este tipo de marcaje es la fuerte interrelación que se ha comprobado existe con el medio ambiente en donde se desarrollan los individuos. Un ejemplo que demuestra esta influencia es el estudio de los gemelos monocigóticos. Éstos son genéticamente idénticos y, sin embargo, debido a las condiciones del medio ambiente tanto micro como macroscópicamente podemos ver diferencias significativas en la información epigenética (Kaminsky, *et al.* 2009). Otro aspecto importante en la herencia epigenética se relaciona con las restricciones físicas impuestas por la materia de la que estamos construidos, la herencia estructural. Estas restricciones que interactúan cómo módulos en la emergencia de patrones morfológicos son heredados sin estar establecidos en la secuencia de ADN. Por lo tanto es posible heredar estructuras que están establecidas por fenómenos que pueden ser mecánicos, visco-elásticos, y de tensegridad, fuerzas físicas que juegan un papel muy importante en el desarrollo de los tejidos en los sistemas vivos. Estos fenómenos están mediados por la transducción de señales mecánicas en químicas y viceversa, generando una arquitectura que organiza el citoesqueleto y estabiliza la forma. Todos estos factores son parte del sistema y son fundamentales para comprender que las interacciones entre módulos biológicos y físicos son muy importantes para las relaciones de los sistemas con el ambiente. En este punto podemos hablar de que el ruido ambiental, el cuál ha sido considerado nocivo para el análisis experimental y estadístico, puede ser una parte fundamental en la comprensión de los mecanismo epigenéticos. Al haber explorado la relación entre condiciones socio ambientales y su impacto en la herencia no genética los estudios epigenéticos son fundamentales para entender la evolución de la humanidad como especie y su cultura. Entre ellos nos interesa destacar aquellos que han explorado la transmisión intergeneracional de conductas aprendidas asociadas a mecanismos de respuesta fisiológica.

En los estudios experimentales con respecto a la interrelación entre epigenética y comportamiento social se ha visto que en ratas adultas la respuesta al estrés se transmite a sus crían en la vida temprana. Dependiendo de los cuidados maternos, relacionados a su vez a las condiciones de estrés o no estrés de las madres, las crías tienen comportamientos distintos asociados a la síntesis diferencial de hormonas, mediada por marcaje epigenético, haciéndolas más agresivas o más dóciles y reproduciendo dichas características a las siguientes generaciones (Weaver, *et al.* 2005). Otros estudios han incluso mostrado la transmisión de conductas a las subsecuentes generaciones, aun cuando éstas no hayan sido directamente experimentadas, es decir no como imitación. (Fish *et al.* 2004).

La alimentación es otro factor muy importante que se ha visto puede heredarse epigenéticamente. Posterior al nacimiento se han identificado hábitos alimenticios vinculados a los de la madre durante la gestación y la lactancia (Jablonka y Lamb 2005). Incluso hay estudios que relacionan también la influencia paterna, poco estudiada en este sentido. Tal es el caso del trabajo de Pembrey (2006) en un estudio en población sueca. En este caso los resultados muestran la influencia de conductas y hábitos alimentarios en la herencia epigenética, sobre todo durante la preadolescencia. En una pequeña población, que en su conjunto experimentó etapas de hambruna y de

abundancia, Pembrey y sus colaboradores muestran la existencia de una relación directa en la aparición de enfermedades cardiovasculares o diabetes, longevidad y muerte, con respecto a la edad en que estuvieron expuestos a condiciones de estrés alimentario. Su estudio arrojó resultados reveladores. Los nietos de abuelos que habían experimentado hambruna en su preadolescencia mostraban menos probabilidad de tener enfermedades cardiovasculares que los nietos de aquellos que habían vivido esa etapa con abundancia alimentaria. Éstos últimos presentaron más probabilidad de desarrollar diabetes y vivir menos tiempo.

En otros estudios, en cambio, se ha visto que en poblaciones sometidas a estrés a causa de violencia y malas condiciones de vida, existe una relación directa de los niveles de estrés con el desarrollo de algunas enfermedades. Un ejemplo es con respecto al cáncer de mama. En un estudio con mujeres voluntarias, Hirschman *et al.* (2007) observaron que la medición de la hormona del estrés o Cortisol a lo largo del día muestra variaciones significativas. Las mujeres no sometidas a altos niveles de estrés presentaron gráficas con un pico característico diferente a los casos de mujeres sometidas a mucho estrés. En población afroamericana de mujeres en un barrio de Chicago en Estados Unidos de América con altos grados de violencia, criminalidad, pobreza y aislamiento social las gráficas de Cortisol fueron completamente planas, es decir el comportamiento biológico cambió considerablemente. Asociada a las condiciones de vida existe una sobreproducción de dicha hormona que genera un comportamiento biológico diferente con consecuencias en la activación o no de marcajes epigenéticos vinculados a la enfermedad. Si asumimos que estos comportamientos tiene efectos químicos en el organismo y en el ambiente epigenético que pueden activar o desactivar genes, es posible entonces afirmar su potencial efecto en la transmisión hereditaria, profundizando en algunos casos las características de deterioro de la salud. En este sentido no es sorprendente por ejemplo la presencia de virulencia de ciertas enfermedades, como el cáncer, en condiciones de estrés agudo o aislamiento característico de estados depresivos inducidos por conductas sociales nocivas en sectores en desventaja (McClintock *et al.* 2005).

Dado el carácter complejo de estos fenómenos es posible también encontrar mecanismo de resistencia que rompen con el proceso de retroalimentación positiva. Desde la perspectiva de la justicia social, es importante entonces destacar los resultados de estudios en donde se ha observado el efecto positivo que grupos de apoyo tienen, para contrarrestar el efecto nocivo producido por condiciones de desventaja. Tal situación es reportada por Wilkinson *et al.* (2007) con respecto a la asociación entre asistencia a actividades culturales y el estado de salud de la población. Considerando los avances encontrados en el campo de los estudios epigenéticos podemos establecer paralelos entre los mecanismos de respuesta al estrés en contextos de violencia social con otros mecanismos asociados con procesos de adaptación y evolución. Es posible suponer que en el caso de los homínidos estas estrategias incluyen no sólo respuestas fisiológicas, sino también culturales. En condiciones de estrés ambiental las poblaciones responden generando estrategias de adaptabilidad que les permiten sobrevivir en condiciones adversas. Por ejemplo en el caso mencionado de diferencia

alimentaria durante la pre adolescencia y su asociación con condiciones cardiovasculares es posible inferir un efecto paradójico, en que la desventaja (hambruna) generó condiciones de salud más beneficiosas que en los casos que se encontraron con condiciones de abundancia.

En el marco de estos resultados es importante evitar conclusiones simplistas (si hambruna produce salud cardiovascular, entonces para alcanzar salud cardiovascular hay que provocar hambruna). Dado que los fenómenos en cuestión son complejos es fundamental entender los mecanismos que generan las respuestas positivas, en este caso incluso en condiciones de hambruna. Los mecanismos que biológicamente refuerzan las repuestas a condiciones ambientales desventajosas con alto grado de estrés pueden generar reacciones fisiológicas que permitan a los individuos adaptarse o deteriorarse. Las respuestas de adaptación no necesariamente son exitosas. La emergencia de resistencia ante la adversidad como comportamiento biológico abre oportunidades para desarrollar en el campo de lo social interpretaciones alternativas ante los procesos de co-evolución en condiciones asimétricas de poder. La variabilidad en las respuestas ante condiciones adversas, en espacial los procesos de resistencia que pudieran emerger como mecanismos de adaptación a las condiciones ambientales, representa un campo fructífero en la lucha contra la injusticia social.

Estos resultados muestran el alcance e importancia del estudio de la interacción de los genes y el ambiente epigenético en la herencia transgeneracional, y su relación con el desarrollo y la salud de sectores de población. En el marco de la co-evolución entre los procesos civilizatorios con diferentes grados de poder las condiciones socio-biológicas reproducen viejas formas de confrontación y resentimiento social en nuevos contextos. El racismo, las carencias socioeconómicas y culturales en sectores marginados y el impacto de la violencia social generada a partir de la histórica subordinación de algunos grupos, en el caso de Latinoamérica los más indígenas, genera así mismo procesos fisiológicos de respuesta ante las condiciones de estrés ambiental. Éstos pudieran crear el acrecentamiento de la desventaja, pero también, ante la tensión social pudiera producirse la emergencia de respuestas fisiológicas y comportamientos socioculturales creativos como compensación de la desventaja. Desde una perspectiva no lineal esto puede ser explicado como emergencia de una bifurcación a partir de incidentes críticos causales produciendo efectos opuestos, por ejemplo de aceptación o resistencia.

Si bien la transformación del sistema incluye múltiples opciones, las dinámicas de poder que estructuran los sistemas sociales en condiciones de asimetría continúan con mayor probabilidad de desatar procesos de retroalimentación positiva, incrementando los niveles de estrés ambiental y generando un aumento exponencial en la brecha. Sin embargo, la presencia de mecanismos de autorganización del sistema complejo presentan también procesos de re-ordenamiento de las relaciones sociales con diferentes consecuencias, no necesariamente como progresión: ante la desventaja más desventaja. Los mecanismos de resistencia ante la adversidad biológico-social que pudieran emerger en momentos críticos en la dinámica del sistema pueden transformar las condiciones en que se reproduce el sistema social, rompiendo con los ciclos de

retroalimentación positiva que aumentan las condiciones asimétricas. La comprensión de la interacción entre procesos genéticos, epigenéticos y socioculturales y la identificación de aquellos mecanismos que muestran efectos de inversión en las tendencias al acrecentamiento de condiciones negativas experimentadas en etapas tempranas de desarrollo permitirán proponer políticas sociales que mediante acciones en los diversos campos ayuden a revertir los efectos epigenéticos producidos por las tensiones sociales, posiblemente heredados transgeneracionalmente. Asimismo, sería posible desarrollar prácticas que anulen la propensión a enfermedades físicas y mentales, al evitar la activación de genes asociados, reduciendo el crecimiento exponencial de la brecha entre poblaciones privilegiadas y en desventaja.

3. Conclusiones

En base a los estudios mencionados es posible inferir que los impactos del colonialismo han dejado marcas en la herencia epigenética que potencialmente influyen en la regulación del ADN transmitiendo condiciones biológicas tanto raciales como especificas a los linajes genéticos, como la transmisión de enfermedades. Si la herencia epigenética se transmite a las siguientes generaciones, entonces es fácil asumir que la marginación económica, con su consecuente estado de desventaja, incluyendo malnutrición, problemas de salud física y mental y violencia, puede seguirse reproduciendo indefinidamente en dicha población. Esto es así en muchos casos, pero considerando que en condiciones complejas es posible encontrar mecanismos adaptativos como transformación a partir de puntos críticos, podemos entonces esperar la posibilidad de emergencias que contrarresten dichas tendencias. Como lo muestran la mayoría de los estudios epigenéticos, las etapas tempranas del desarrollo (desde el cuidado materno prenatal hasta la adolescencia) pueden considerarse las más cruciales en donde acciones sociales podrían revertir la persistencia de la marginalidad.

La reproducción del racismo y otras formas de violencia social asociadas a las condiciones desiguales de vida y su reproducción económica, social y política en el presente, no puede ser contrarrestada si ignoramos la combinación de factores que interactúan y que provienen de los tres cuerpos (genética, epigenética y ambiente sociocultural). Si bien la poza genética (pool genético) en los países latinoamericanos incluye procesos de mestizaje racial entre las dos corrientes civilizatorias que se han repetido iterativamente durante más de 500 años, generando un gran rango de resultados fenotípicos en la población, las valoraciones ideológicas asociadas a las diferencias raciales demandan una conceptualización de la problemática de raza más allá de su construcción social. Al incluir la influencia epigenética en la herencia es posible entonces superar las posiciones deterministas genéticas y explorar cómo los genes y sus interacciones son influidos por el desarrollo de los seres humanos en ambientes sociales, y cuáles son las condiciones en las que efectos nocivos de la violencia social puedan ser contrarrestados, con comportamientos culturales (por

ejemplo colaboración social, eventos culturales gratuitos), produciendo adaptaciones favorables que impacten en la herencia epigenética y sean transmitidos a las subsecuentes generaciones. De esta manera sería posible contrarrestar los efectos que la histórica discriminación racial ha generado en las poblaciones de origen indoamericano.

Desde el punto de vista de las ciencias sociales la incorporación del factor biológico como elemento constitutivo de la discriminación social permitirá abordar la problemática Latinoamericana considerando abiertamente el impacto de la marginación económica y violencia social en la salud y el bienestar de poblaciones en desventaja. De esta manera será posible atender los rezagos de salud, educación, alimentación y crianza en el marco de políticas complejas que no separen las acciones en las diferentes áreas, sino que las hagan converger. En este medio la generación de diálogos interdisciplinarios favorecerá la colaboración entre diferentes sectores involucrados en la definición de políticas sociales y sus acciones.

En esta conclusión quisiéramos enfatizar la importancia que el diálogo interdisciplinario ha tenido en nuestra comprensión del fenómeno de injusticia social y su relación con los fenómenos biológicos, y especialmente el valor del modelo complejo de los tres cuerpos en la interrelación entre naturaleza y sociedad. En nuestro proyecto el diálogo interdisciplinario ha sido un proceso de aprendizaje con muchas variables que interactúan, algunas provenientes de la biología y otras de la antropología. La experiencia ha sido también un sistema complejo y como ya tenemos camino andado en las ciencias de la complejidad hemos podido identificar entre los momentos de turbulencia la emergencia de ideas y los mecanismos que han permitido su autorganización.

El uso de nuestro modelo complejo como metáfora en relación con el diálogo entre nuestras disciplinas hizo evidente la necesidad de considerar los avances generados por los dos cuerpos disciplinarios, en este caso la biología y la antropología. El tercer cuerpo pudiera estar constituido por los fenómenos a estudiar, en este caso la injusticia social. Como se ha discutido en este trabajo la injusticia social tienen una vinculación interdependiente con lo biológico y lo cultural, y es objeto/sujeto de las dos disciplinas. Alternativamente un tercer cuerpo puede establecerse con respecto a las ciencias de la complejidad, pero en este caso preferimos considerar éstas como el marco paradigmático que determina el carácter de los fenómenos mismos. Obviamente en un marco de complejidad es importante reconocer que dichos fenómenos incluyen aspectos estudiados por otras disciplinas y que el siguiente paso sería ampliar los diálogos y establecer triálogos, tetrálogos, quintálogos, etcétera, o como dice Gehlert *et al*. (2010) colaboración transdiciplinaria.

Si reconocemos el carácter complejo de nuestros fenómenos de estudio ya sea desde las ciencias naturales o sociales o con el uso de métodos matemáticos o modelos científicos metafóricos, y nos ponemos de acuerdo en un contexto de respeto y aprendizaje mutuo, tendremos una poderosa herramienta con la cual podemos modificar el camino de las ideas y sus beneficios para las sociedades; “El reto que se nos presenta es impulsar el estudio de los sistemas complejos de manera que

contribuya a que los seres humanos tomen libremente aquellas decisiones que ayuden al tránsito hacia una sociedad más justa" (Martinez Mekler 2000). Consideramos así que el avance en el conocimiento conducirá a más difusión de la ciencia que pueda influir sobre los modelos de pensamiento complejo en las no ciencias y en la sociedad en general. La interdisciplina en el marco de las ciencias de la complejidad conducirá al cuestionamiento de manipulaciones ideológicas que utilizan la legitimación de las ciencias para beneficio propio y de grupos en el poder. Es evidente que todo conocimiento conlleva asunciones ideológicas emanadas de la sociedad que lo genera, sin embargo su reconocimiento y cuestionamiento del impacto que ello tiene en la objetividad del conocimiento es crucial y debe ser el compromiso de todo científico o humanista. La relación interdisciplinaria consciente de dichos riesgos pudiera generar mayor aplicación de la investigación científica a problemas de justicia social.

Como resultado de nuestro diálogo experimentamos con diferentes maneras de comunicarnos y descubrimos que la solución para la comunicación interdisciplinaria dentro de paradigmas complejos no es menos ciencia, sino al contrario. Es más comunicación. Ello por supuesto implica que los científicos traduzcan el lenguaje especializado en un lenguaje común y los humanistas aprendan más ciencia. La reflexión alrededor de los modelos metafóricos y la discusión de las implicaciones desde las dos perspectivas representó un proceso a nuestro parecer enriquecedor. Podemos concluir que no es necesario entender todo lo que dice el otro, ni construir artificialmente lenguajes únicos, ni hacer de la interdisciplina una disciplina más, con un único lenguaje. Lo fundamental es compartir la urgencia de comprender los fenómenos complejos con el fin de que el conocimiento trabaje para la vida.

Bibliografía

AAA. 1998. "American Anthropological Association. Statement on "Race", [citado 23-11 2010] Disponible en: http://www.aaanet.org/stmts/racepp.htm.

Alvarez-Buylla, Elena R.; Benitez, Mariana; Davila, Enrique B.; Chaos, Alvaro, Espinosa-Soto, Carlos y Pablo Padilla. 2007. Gene regulatory network models for plant development". En Current Opinion in Plant Biology. 10: 83–91.

Bak, Per; Tang, Chao y Wiesenfeld, Kurt. 1988. "Self-organized criticality", En *Physical Review A.* 38 (1): 364–374.

Black, Max. 1979. "More about metaphor" en Ortony, A. (ed.). En *Metaphor and Thought.* Cambridge: Cambridge University Press. Pag: 19-43.

Bonfil, Guillermo. 1987. *México profundo: una civilización negada.* México: SEP/CIESAS.

Briggs, John y Peat, David. 1989. *The Turbulent Mirror: An Illustrated Guide to Chaos Theory and the Science of Wholeness*. New York: Harper and Row.

Caballero, Lorena. 2008a. *La búsqueda del comienzo. El pensamiento complejo en biología*. México: CopIt ArXives.

Caballero, Lorena. 2008b. *Emergencia de las formas vivas: aspectos dinámicos de la biología evolutiva.* México: CopIt ArXives.

Cocho, Germinal. 1999. *Teorías de sistemas.* Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. CIICyH.

Cocho, Germinal y Miramontes Pedro. 2000. "Patrones y procesos en la Naturaleza. La importancia de los protectorados". En *Ciencias* 59: 14-22.

Coronado, Gabriela. 2003. *Las voces silenciadas de la cultura mexicana. Identidad, creatividad y resistencia en el diálogo interétnico.* México: CIESAS.

Coronado, Gabriela. 2007. "The tourist: The invisible third body in the Mexican Intercultural Dialogue". En *Journal of Iberian and Latin American Studies.* 13, 1: 39-57.

Coronado, Gabriela y Hodge, Bob. 2004. *El hipertexto multicultural en México Postmoderno. Paradojas e incertidumbres.* México: CIESAS.

Feil, Robert. 2006. "Environmental and nutritional effects on the epigenetic regulation of genes". En *Mutation Research* 600: 46-57.

Gehlert, Sarah; Murray, Ann; Sohmer, Dana; McClintock, Martha; Conzen, Suzanne y Olopade, Olufunmilayo. 2010. "The Importance of Transdisciplinary Collaborations for Understanding and Resolving Health Disparities". En *Social Work in Public Health* 25(3): 408-422.

Fish, Eric W., Shahrokh, Dara; Bagot, Rose; Caldji, Christian; Bredy, Timothy; Szyf, Moshe; Meaney, Michael J. 2004."Epigenetic Programming of Stress Responses through Variations in Maternal Care". En *Annals of the New York Academy of Sciences.* 1036, 1: 1749-6632.

Gleick, James. 1987. *Chaos. Making a New Science.* London: Cardinal.

Goodwin, Brian. 1994. *How the Leopard changed its spots. The Evolution of Complexity*. New York: Charles Scribner's Sons.

Hirschman, Jocelyn, Whitman, Steven y Ansell David. 2007. "The black:white disparity in breast cancer mortality: the example of Chicago" Cancer Causes & Control, 18: 323-333.

Jablonka, Eva y Lamb, Marion J. 2005 *Evolution in Four Dimensions. Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life.* A Bradford Book The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, London, England.

Jablonka, Eva y Lamb, Marion J. 2007 "Précis of Evolution in Four dimensions". En *Behavioural and Brain Sciences* 30: 353-392.

Kauffman, Stuart A. 1993. *The Origins of Order*, Oxford University Press, Oxford.

Kaminsky, Zachary; Tang, Thomas; Wang, Sun-Chong; Ptak, Carolyn; Oh, Gabriel; Wong, Albert; Feldcamp, Laura; Virtanen, Carl; Halfvarson, Jonas; Tysk, Curt; McRae, Allan; Visscher, Peter; Montgomery, Grant; Gottesman, Irving; Martin, Nicholas y Petronis, Art. 2009. "DNA methylation profiles in monozygotic and dizygotic twins" En *Nature Genetics* 41: 240-245.

Kuhn, Thomas. 1979. "Metaphor in science" en Ortony, A. (ed.) En *Metaphor and Thought.* Cambridge: Cambridge University Press. Pag: 409-419.

Kuzawa Christopher W. y Sweet, Elizabeth. 2009. "Epigenetics and the Embodiment of Race: Developmental Origins of US Racial Disparities in Cardiovascular Health". En *American Journal of Human Biology* 21:2–15.

Lorenz, E. 1973. *The Essence of Chaos*. Washington: University of Washington Press.

Mandelbrot, Benoit. 1992. "Fractals" en Hall Nina. (ed). *New Scientist Guide to Chaos.* Harmondsworth: Penguin. Pag.122-135.

Maturana, Humberto, y Francisco Varela.1987. *The Tree of Knowledge,* Shambhala, Boston.

McClintock, Martha K.; Conzen, Suzanne D.; Gehlert, Sarah; Masi, Christopher y Olopade, Funmi. 2005. "Mammary Cancer and Social Interactions: Identifying Multiple Environments That Regulate Gene Expression Throughout the Life Span". En *Journals of Gerontology:* 60B (Special Issue 1): 32–41.

McGowan, Patrick; Sasaki, Aya; D'Alessio, Ana; Dymov, Sergiy; Labonté, Benoit Szyf, Moshe; Turecki, Gustavo y Meaney, Michael. 2009. "Epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor in human brain associates with childhood abuse". En *Nature Neuroscience* 12: 342–348.

Margulis, Lyn y_Sagan, Dorion. 1997. *Slanted Truths: Essays on Gaia, Symbiosis and Evolution.* New York: Springer-Verlag.

Martínez Mekler Gustavo. 2000. "Una aproximación a los sistemas complejos". En *Ciencias* 59: 6-9.

Merrill, Stephen J. 2009. "The State of the Science of Nonlinear Dynamics in 1963". En *Nonlinear Dynamics, Psychology and Life Science* 13(3): 249-256.

Morin, Edgar. 1974. *El paradigma perdido. Ensayo de bioantropología.* Barcelona España: Editorial Kairos.

Morin, Edgar. 1994. *Introducción al pensamiento complejo*. Editorial Gedisa, Barcelona. España.

Ortony, Andrew. (ed.) 1979. *Metaphor and Thought.* Cambridge: Cambridge University Press.

Pembrey, Marcus; Olov Bygren, Lars; Kaati, Gunnar; Edvinsson, Sören; Northstone, Kate; Sjöström, Michael y Golding, Jean. 2006. "Sex-specific, male-line transgenerational responsesin humans". En *European Journal of Human Genetics*. 14:159-166.

Poincaré, Henry. 1966. ''On the three-body problem and the equations of dynamics,'' (1890). En Brush, Stephen G. (ed). *Kinetic Theory,* Vol. 2, Oxford: Pergamon. Pag:194-202.

Prigogine, Ilya y Stengers, Isabelle. 1984. *Order out of Chaos*. London: Flamingo.

Ribeiro Darcy. 1976. E*l proceso civilizatorio de la revolución agrícola a la termonuclear.* México: Extemporaneos.

Van Speybroeck, Linda. 2002. "From Epigenesis to Epigenetics. The Case of C. H. Waddington". *Annals New York Academy of Sciences.* 981: 61–81.

Waddington, Conrad Hall. 1962. *New Patterns in Genetics and Development.* New York y London: Columbia University Press.

Weaver, Ian; Champagne, Frances; Brown, Shelley; Dymov, Sergiy; Sharma, Shakti; Meaney, Michael y Szyf, Moshe. 2005. "Reversal of Maternal Programming of Stress responses in Adult Offspring through Methyl Supplementation: Altering Epigenetic Marking Later in Life" En *The Journal of Neuroscience*. 25(47): 11045–11054.

Wieland-Burston, Joanne. 1992. *Chaos and Order in the World of the Psyche*. London: Routledge.

Wilkinson, Anna, Waters, Andrew, Olov Byrgen, Lars y Tarlov, Alvin. 2007. "Are variations in rates of attending cultural activities associated with population health in the United States?" En BMC Public Health 7: 226.

CAPÍTULO VIII

Modelado y simulación de situaciones sociales complejas en Latinoamérica

Contribuyendo al cuidado del Bien Público

Oswaldo Terán* y Magdiel Ablan**

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es elaborar un enfoque para el estudio de sistemas socio-organizacionales complejos. En tal sentido, se propone comprender la organización cultural de los sistemas sociales de Latinoamérica y se sugiere la construcción de una matriz cultural alternativa orientada al cuidado del bien común. Con este fin se elabora una reflexión crítica sobre la ciencia y sobre las contribuciones de los métodos de modelado y simulación de sistemas complejos como estrategia para el estudio de problemáticas sociales concretas en Latinoamérica. La tesis defendida en este trabajo sostiene que el modelado y la simulación constituyen estrategias relevantes para mejorar la comprensión de la complejidad social y elaborar recomendaciones para la formulación de políticas públicas. El supuesto general en el que se sustenta la argumentación afirma, por un lado, que la política es una práctica orientada al cuidado del bien público, entendido como un bien colectivo y compartido; y por el otro, que la cultura constituye el bien público fundamental. En tal sentido, otros bienes públicos

* Profesor e investigador del Departamento de Investigación de Operaciones y de la Escuela de Ingeniería de Sistemas, miembro del Centro de Simulación y Modelos (CESIMO), Facultad de Ingeniería (Núcleo La Hechicera), Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Datos de contacto. Dirección postal: CESIMO, Facultad de Ingeniera, Universidad de Los Andes, La Hechicera, Av. Alberto Carnevali, Mérida, Estado Mérida, 5101, Venezuela. Te. +58 (274) 2402879/3002 / +58 (426) 5735303. Página web: http://www.ing.ula.ve/~oteran Correo electrónico: oteran@ula.ve

** Profesora e investigadora de la Universidad de Los Andes y miembro del Centro de Simulación y Modelos (CESIMO), Facultad de Ingeniería (Núcleo La Hechicera), Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Correo electrónico: mablan@ula.ve

pueden ser significados y comprendidos en virtud del lugar que ocupan en una cultura (Fuenmayor 2001b, 2007a).

Este capítulo traza una distinción entre la cultura de la sociedad occidental y las culturas de las sociedades occidentalizadas. Se conjetura que América Latina es una sociedad no occidental sino occidentalizada. En virtud de esta distinción se plantea una mirada crítica y reflexiva hacia los métodos de simulación empleados en las sociedades occidentales y se sugiere la posibilidad de movilizar estas estrategias metodológicas en el seno de las sociedades occidentalizadas. Para este fin resulta crucial complementar las metodologías de simulación con estudios sobre complejidad social que integren reflexivamente la dimensión cultural de los sistemas sociales estudiados. Es justamente esta dimensión la que generalmente es obviada en los estudios principales del mundo occidental. En tal sentido, adquieren relevancia las contribuciones de Maturana y Varela (1984), Heyliguen (1991) y Simon (1984), quienes reconocen que el lenguaje y la cultura constituyen la fuente principal de incremento de la complejidad organizacional de los sistemas sociales. Es por esta razón, que la simulación social no puede prescindir de los aspectos culturales de los sistemas estudiados. Este trabajo pretende elaborar una contribución en este sentido, como estrategia para la mejora del cuidado del bien público.

Pues bien, resulta necesario reflexionar sobre el estado de la cultura en las sociedades occidentales y las sociedades occidentalizadas, problematizando, en particular, la situación de Latinoamérica. Uno de los principales rasgos de la cultura occidental es el predominio de una tecnocracia animada por una racionalidad instrumental que coloniza las esferas culturales y comunitarias del mundo de la vida (Habermas 1999). Esta visión del mundo ha moldeado un sistema de pensamiento analítico-reduccionista en el cual la técnica y sus capacidades instrumentales ocupan un lugar preponderante (Heidegger 1977, Fuenmayor 2001a)[1].

Por otro lado, la occidentalización de Latinoamérica se encuentra modulada por una particular manera de implementar el proyecto de la Ilustración, no exenta de violencia, que ha derivado en una mixtura de formas de comportamiento y organización. Tal mixtura constituye una unidad compleja en la cual se entretejen aspectos ligados a la tecnocracia, el formalismo y la búsqueda de eficiencia con pautas culturales ligadas a la flexibilidad y la informalidad. En lo que respecta particularmente al caso venezolano, cabe destacar la influencia que ha tenido el comportamiento rentista[2], favorecido por el uso de la renta petrolera (Baptista 2005, Fuenmayor 2007a, 2007b). Estos comportamientos generan consecuencias particularmente críticas en el manejo de los bienes públicos.

En estas coordenadas reflexivas, este trabajo propone orientar la simulación social hacia el cuidado de los bienes públicos con el objetivo que el enfoque de la complejidad pueda jugar un rol social constructivo y liberador (Fuenmayor 2001b,

[1] Consideraciones similares pueden encontrarse en Ortega y Gasset (1961).

[2] Se conoce como rentismo a la riqueza no producida ofrecida por la renta petrolera, y a los comportamientos asociados.

2007a). A este respecto, se plantea la articulación de distintos aspectos teóricos y metodológicos involucrados en la simulación de sistemas complejos, tales como los sistemas multi-agente, la simulación de la meta-estructura social, la modelización participativa, los juego de rol y las exploraciones de proceso de auto-organización de los sistemas sociales.

Para este fin, se propone el desarrollo de una plataforma informática de modelado y simulación de situaciones sociales complejas, desarrollada bajo los principios del software libre y el acceso abierto al conocimiento. Esta plataforma de simulación social constituye una estrategia para la construcción colectiva de conocimientos que contribuyan a recrear, regenerar y cuidad los bienes públicos de las culturas latinoamericanas. A este respecto, cabe destacar que los métodos de simulación de sistemas complejos han mostrado su utilidad teórica y su relevancia práctica para el análisis y diagnóstico organizacional (Terán *et al.* 2007, 2010). Adicionalmente, este trabajo propone la metáfora de *campo de fuerza gravitatorio* como concepto heurístico para comprender las formas de comportamiento en Latinoamérica.

La estructura argumentativa de este capítulo está organizada en cuatro partes. Primero, se hace una revisión de la complejidad de los sistemas humanos, considerando como caso a Latinoamérica. A continuación, se bosqueja una propuesta para una ciencia crítica latinoamericana cuyo objetivo es estratégico re-crear los bienes públicos. Seguidamente, se exploran las contribuciones que las estrategias metodológicas de la simulación social y de los sistemas complejos pueden realizar para el cuidado del bien público en Latinoamérica para lo cual se propone el desarrollo de una plataforma informática de construcción de conocimiento. Por último, se exponen conclusiones del trabajo.

2. Sistemas humanos complejos: el caso Latinoamérica

La noción de complejidad un concepto polisémico. Uno de estos sentidos expresa la dificultad por parte de un sujeto o sistema-observador para comprender un objeto o sistema-observado, ya sea en un medio natural, artificial o humano. Desde esta perspectiva, la noción de complejidad no puede escindirse de la cultura puesto que ésta condiciona los modos de pensar, de decir y de hacer con los que los seres humanos problematizan y dan sentido a la experiencia y el mundo que los rodea. Por lo tanto, cuando un fenómeno o situación puede ser comprendido con facilidad o, mejor aún, cuando las propiedades e informaciones de un objeto pueden ser asimiladas a la estructura de conocimientos y saberes previos, puede afirmarse que dicha situación o fenómeno no es compleja. Inversamente, la complejidad emerge cuando se presenta una dificultad en la comprensión o sentido en la relación entre el sistema observador y el sistema observado. En consecuencia, la complejidad no puede ser reducida al plano mental del individuo ni al plano social de la cultura ni tampoco al plano factual de la realidad empírica.

La complejidad está indisolublemente unida a esta relación triádica entre el sistema observador y el sistema observado en el seno de una cultura como contexto organizante de la relación observador-observado. En el caso de la cultura occidental, adquieren prominencia los *juegos lingüísticos* especializados movilizados por el individuo o sistema-observador[3]. En virtud de la capacidad para dar sentido al mundo y orientar sus acciones, el ser humano y las sociedades humanas son los sistemas de mayor complejidad. A la vez, esta capacidad de dar sentido es la que nos permite (tanto a los occidentales como a los occidentalizados) hablar, pensar y teorizar acerca de la complejidad.

Antes de continuar vale la pena detenerse en la noción de complejidad mencionada en las primeras líneas del párrafo anterior. Imaginemos, por ejemplo, el caso de un médico y de un ingeniero de sistemas bien formados en su área de especialización. Resulta claro que para cada uno de estos sujetos, los fenómenos correspondientes al área de especialización del otro tienen una mayor posibilidad de ser complejos, por su carácter no evidente o extraño, es decir, tener un sentido más difícil de comprender que los de su propia área de especialización. Por otra parte, debemos notar que las diferencias de opinión acerca de si algo es o no complejo ocurren con mucha menos frecuencia en personas que comparten un mismo juego lingüístico, que entre personas que tienen juegos lingüísticos diferentes. Por supuesto, las diferencias de interpretación ocurrirán de una manera mucho más dramática en el caso de personas con diferentes culturas.

A continuación haremos una revisión de la cultura latinoamericana a fin de resaltar elementos de su complejidad particular. En una primera mirada, en la sección 2.1, revisamos el planteo de Briceño (2007) acerca de las facetas de la cultura latinoamericana, desde los tiempos de la colonia -los cuales persisten, aunque cada vez en menor grado- hasta nuestros días -y desde hace casi un siglo-, cuando están siendo reemplazados por las tendencias descritas por Fuenmayor (2007a), que, a su vez, son resumidas en la sección siguiente. En una segunda mirada, en la sección 2.2, nos referiremos a la degradación cultural ocurrida a partir de comienzos del siglo XX, la cual proponemos comprender en torno a los "campos de fuerza gravitatorios" de la Tecnocracia y la politiquería. Finalmente, en la sección 2.3, a manera de contraste con la cultura latinoamericana actual y a fin de presentar una alternativa posible del "deber

[3] Entre los juegos lingüísticos especializados occidentales pueden mencionarse las matemáticas, la medicina y la informática. Para aclarar la noción de juego lingüístico citamos a Villarreal (2007): "Esta expresión está basada en la noción de "juego lingüístico" de Ludwig Wittgenstein, la cual ha sido interpretada por Fuenmayor (2001b, p. 104) como un modo de hablar-actuar, es decir, un modo de hablar que le da sentido a un modo de actuar y, a su vez, un modo de actuar que le da sentido al modo de hablar. Las jergas propias de las prácticas sociales (como las disciplinas científicas y los oficios) son juegos lingüísticos que, habiendo sido aprendidos por quienes forman parte de tales prácticas, se constituyen en la base desde la cual se articula el dominio de la realidad que le es propio a cada práctica. Los miembros de una misma práctica se relacionan explícitamente o no en el juego lingüístico que le es propio.
Los juegos lingüísticos constituyen una base desde la cual se despliega todo lo que tiene que ver con la práctica. En este sentido, los juegos lingüísticos llegan a ser constitutivos del ser de cada miembro de la práctica si la pertenencia a ella es sostenida en el tiempo" (cita de publicación electrónica no paginada, sección 2.)

ser" cultural, efectuamos una revisión de lo que Fuenmayor (2007a, 2007b) concibe como Bien Público.

2.1. Primera mirada: complejidad cultural en Latinoamérica

La complejidad es una noción problematizada por la cultura occidental y asumida por los occidentalizados; y la cultura (el lenguaje) es la mayor fuente de complejidad en los sistemas humanos, dado que ofrece al individuo un mecanismo de toma de decisiones, generando incertidumbre a los otros individuos. Al mismo tiempo, el estado de la cultura en general y, en particular, el estado de los juegos lingüísticos se relacionan con el potencial para distinguir e identificar la complejidad.

En esta primera mirada a la cultura revisamos brevemente tres facetas, tres comportamientos aparecidos desde la época de la colonia en Latinoamérica. A diferencia de la cultura europea y como producto de un proceso histórico iniciado en la colonia, la cultura occidentalizada mantiene en su seno una variedad de comportamientos, a veces contradictorios y hasta opuestos, que se reflejan incluso en un mismo individuo en diferentes momentos, estados de ánimo y situaciones. Una excelente descripción de estos comportamientos es realizada por Briceño (2007), los cuales se reseñan a continuación.

a) El comportamiento del europeo segundo, entendido como aquel orientado por la razón teórica, capaz de abstraer y de teorizar. Esta forma de razonamiento es originaria de la antigua Grecia y es retomada en Europa durante el Renacimiento y asumida por el proyecto de la Ilustración. Durante la Ilustración, el pensamiento europeo primero, como forma de guía de la vida regida por los mitos de la religión Cristiana Católica, comienza a ser desplazado y reemplazado por la razón teórica y científica. De esta manera, lo tradicional y lo místico (en este caso, el cristianismo) da paso a la razón, al objetivismo y, así, a una cierta forma de dualismo. Como señala Briceño, las cosas y la naturaleza dejan de ser tú (objeto de diálogo) y pasan a ser ello, desconectados del individuo y de la sociedad. Este pensamiento teórico se va transformando y ya a fines del siglo XIX en Europa y EE.UU se reconfigura en el dominio de la "ideología" de la ciencia y la tecnología (Tecnocracia), que busca maximizar la eficiencia y el dominio de la naturaleza (Habermas 1999). Así, la toma de decisiones deja de estar ligada y orientada por la vida y pasa a estar dirigida por el razonamiento abstracto, teórico, puro, no místico, donde el ritual (religioso, en este caso) es reemplazado por la planificación como punta de lanza al servicio de lo instrumental. De esta manera, Briceño recupera el planteo de Habermas respecto a la racionalidad cognitivo-instrumental y su carácter objetivante y manipulador, así como el carácter pasivo o sometido al que es reducido la cultura y de la institucionalidad, en la sociedad actual. Esta situación es el caso inverso de lo que ocurre en sociedades con cultura en buen estado, como la sociedad de la Europa primera o las sociedades americanas indígenas.

b) El comportamiento orientado por el pensamiento de la Europa primera -o europeo mantuano-, regido por la razón "clasista", que en lo espiritual sigue preceptos

de la iglesia católica y en lo material está relacionado, por ejemplo, con la forma de vida del latifundio, heredera de los comportamientos de la Edad Media, donde unos son vasallos y otros, dueños de las tierra, siendo poco importante asuntos como la eficiencia.

c) El comportamiento "salvaje" conlleva un rechazo a lo socialmente impuesto y justificado por la razón de la Europa primera y por la razón de la Europa segunda, y corresponde a los grupos excluidos de los beneficios de tales tendencias: indígenas, negros y pardos resentidos. Estos últimos se revelan en virtud de que sus deseos de superación son desplazados a muy largo plazo. Hay una sumisión aparente al dominio de los comportamientos de la Europa primera y de la Europa segunda; no obstante, en lo profundo hay un rechazo que se manifiesta de tiempo en tiempo, de lugar en lugar, de situación en situación.

Estas tres formas de comportamiento conviven y se entrelazan en los habitantes de Iberoamérica en diferentes grados, dependiendo del medio de crianza y educación, de las situaciones vividas, etc. Esta mixtura de comportamientos torna evidente que la cultura occidentalizada latinoamericana es más compleja que la cultura occidental europea, la cual tiene un comportamiento casi homogéneo y dominado por la razón segunda, que más recientemente se corresponde con la Tecnocracia (Habermas 1999). De allí también que los sistemas sociales latinoamericanos sean más complejos que los europeos. Exponente de esta complejidad, por ejemplo, es el hecho de que en las sociedades latinoamericanas no ha sido posible crear centros permanentes de pensamiento, de conocimiento y de reflexión propios (Briceño 2007: X). Las corrientes de comportamiento descritas precedentemente secuestran al individuo de la realidad y lo llevan a actitudes que desvían su quehacer como estudioso de su sociedad. Así lo expone Briceño:

> Los investigadores y pensadores de América, o bien se identifican con la Europa segunda de tal manera que su trabajo se convierte en agencia local de centros ubicados en poderosos países exteriores al área, o bien se consumen en actividades políticas gobernadas por el discurso mantuano, o bien ceden al discurso poético verbalista del discurso salvaje […] El conjunto de la situación aleja al americano de la toma de conciencia integral de sí mismo, de su realidad social, de su puesto en el mundo, de tal manera que mucho menos se enfrenta nunca auténticamente a los problemas que el universo en general, la condición humana en general plantean al hombre despierto (Briceño 2007: X-XI).

La variedad, la incertidumbre del comportamiento latinoamericano ante el europeo ofrece una complejidad enorme, no comprendida o, aún peor, generalmente obviada y no reconocida. Es de esperar entonces que la ciencia y la tecnología europea, el formalismo europeo, su burocracia y la institucionalidad que la acompaña, al ser implantados en Latinoamérica tengan una alta posibilidad de fracaso. Este trabajo trata efectivamente de ciencia, pero primeramente trata de comprensión, de conocimiento,

de re-creación y de cuidado del Bien Público. Por lo tanto, dada la realidad descripta, debemos buscar caminos alternativos a la forma de hacer ciencia tradicional. Se requiere una forma alternativa de hacer ciencia. Una ciencia centrada en la compresión y el cuidado del Bien Público. Este trabajo propone una modesta contribución en esta dirección.

2.2. Segunda mirada: tecnocracia, politiquería y rentismo

A partir de las primeras décadas del siglo XX comienza un proceso de deterioro cultural que, aunque variable de país en país, abarca toda la gran nación latinoamericana. Este proceso tiene como trasfondo el abandono del campo y el sobre-poblamiento de las ciudades; desplazamientos sustentados en la búsqueda de un supuesto progreso justificado por la Tecnocracia. Sin embargo, con ello se pierde y se deteriora el Bien Público fundamental, la cultura, y, así, también pierden su sentido profundo los otros bienes públicos (Fuenmayor 2007a). El deterioro cultural es más crítico en casos como Venezuela y México, y menos en casos como Bolivia, Perú, Ecuador y Cuba. En el caso venezolano, dicho deterioro se ve catalizado por el mal uso de la renta petrolera, o lo que hemos llamado rentismo.

De esta manera -como lo explica Fuenmayor (2007 a-b)-, no es extraño que, al igual que ocurre en la sociedad Occidental, también en la sociedad latinoamericana se tienda hacia una visión del mundo que concibe a las cosas y a los otros como instrumentos listos para ser usados (Heidegger 1977), de acuerdo al dominio de lo instrumental y de la Tecnocracia (Habermas 1999). Esto define un primer eje o tendencia dominante en Latinoamérica, cercano al eje de comportamiento europeo segundo descripto en la sección precedente siguiendo el planteo de Briceño. No obstante, en buena medida, el comportamiento latinoamericano está signado por la politiquería o búsqueda de fines grupales (en contraposición a la Política), tanto a nivel comunitario e individual como a nivel de las organizaciones e instituciones del Estado y de las organizaciones privadas. Esto puede advertirse en los partidos políticos -o, mejor dicho, politiqueros- y sus campañas electorales nacionales o locales, así como en la formación de sindicatos y otras agrupaciones de trabajadores, o en las organizaciones públicas y privadas, y también en la vida comunitaria, con diferentes facetas dependiendo del entorno.

Así, puede afirmarse que la politiquería se presenta dependiendo de, o acoplada a, las “oportunidades” del entorno, pero teniendo un fondo o caldo de cultivo común en la sociedad latinoamericana. En el caso Venezolano, tal comportamiento ha sido exacerbado por el rentismo. Esta búsqueda de fines privados de grupos o de individuos va desde la simple acomodación de un individuo en virtud de una recomendación efectuada mediante un lazo familiar, una relación de amistad o una vinculación político-partidaria, hasta la trampa y el daño concreto y remarcado al Bien Público, a partir de lo cual muchas instituciones pierden su sentido formal y contribuyen a este daño. Este comportamiento está moldeado por un servicio a la Tecnocracia de acuerdo con el rol dado a la gran nación latinoamericana en el concierto internacional de

naciones, dominado por un Occidente tecnócrata como productor de materia prima y consumidor de productos y "chatarras" elaboradas de acuerdo al punto de vista occidental. Así, se configura, por un lado, una tendencia al consumismo desbocado para satisfacer necesidades frivolizadas y, por el otro, una forma cultural degradada en la que se considera al entorno y a la sociedad como instrumentos listos para ser usados (Habermas 1999).

De esa manera, el comportamiento latinoamericano se vuelve sumamente complejo ante la mirada occidental, ante los ojos de la ciencia y la técnica modernas y ante los ojos de la razón formal y tradicional de la Europa segunda. La metáfora del campo gravitatoria desarrollada a continuación nos permite lograr una compresión cabal de lo que ocurre con la cultura latinoamericana en este sentido.

2.2.1. Metáfora del campo gravitatorio

Podemos imaginar que el principal campo gravitatorio cultural que mueve a las culturas del mundo es la Tecnocracia. De cuño occidental, alrededor de la Tecnocracia como campo gravitatorio, se mueven de modo disímil Occidente y las regiones occidentalizadas como Latinoamérica, Japón, China, India, etc. Estas últimas, a pesar de seguir a la Tecnocracia como fuerza principal, siguen también una fuerza secundaria originada por formas de comportamiento propias que terminan siendo funcionales a la primera fuerza. Cabe aclarar que fuera del sistema gravitatorio de la Tecnocracia quedan sólo las naciones indígenas que mantienen sana su cultura originaria, como es el caso de muchas tribus amazónicas.

A manera de analogía pensemos en el caso del planeta Tierra (en el caso que nos ocupa, cada país latinoamericano) que tiene un movimiento de traslación alrededor del Sol como parte de su sometimiento al campo gravitatorio del sistema solar (la Tecnocracia) al que también están sometidos los restantes componentes de ese sistema (otros países occidentalizados). Además, la Tierra tiene un movimiento de rotación alrededor de su propio eje dando origen al campo gravitatorio terrestre que, a su vez, se halla sometido al dominio del campo gravitatorio del sistema solar. Así, se configura una forma de dominio que se conjuga y convive con el dominio de la primera fuerza.

Prosiguiendo con la metáfora, advertimos que el movimiento de rotación de la Tierra alrededor de su propio eje se corresponde con una forma de comportamiento latinoamericano, más allá de poder reconocerse pequeñas diferencias entre un país y otro, que generalmente no son mayores a las diferencias dentro de cada país. Esta forma general de comportamiento latinoamericano se caracterizad por "imponer" una forma de vida particular que convive con la Tecnocracia, pero que no es propia de los países occidentales ni tiene relación, sino que es contradictoria con la propuesta y fuerza de la Tecnocracia.

A partir de lo expuesto es posible considerar que esta segunda forma de fuerza presente en el caso latinoamericano es la politiquería/picardía que se acoplan ante el dominio de la Tecnocracia a fin de sacar un provecho particular (grupal o individual) que va desde comportamientos acomodadizos -que, en una primera mirada, no parecen

perjudiciales para la sociedad-, hasta comportamientos claramente tramposos, deshonestos y corruptos más fácil de identificar como dañinos para el Bien Público. Para el caso venezolano en particular, como sugeríamos arriba, esta forma de comportamiento tiene como ingrediente adicional agravante el rentismo.

Dado que los comportamientos desarrollados como segunda fuerza en los países occidentalizados son aceptados siempre y cuando no afecten de manera significativa los intereses de la Tecnocracia y, más aún, coadyuven a que los individuos, grupos, organizaciones e instituciones se acoplen sinérgicamente y cumplan el rol impuesto por la primera fuerza, resulta claro que la politiquería está al servicio de la Tecnocracia y su forma es moldeada por ésta, tal como lo sugiere la metáfora aquí presentada.

De acuerdo con lo anterior, cualquier agente (individuo, grupo, organización o institución) latinoamericano (occidentalizado) se mueve en torno a dos formas de comportamiento: la tecnócrata y la picaresca/politiquera, con dominio de la primera. En esta conjunción de fuerzas, generalmente la segunda se justifica en términos de los objetivos y pretensiones de la primera. Supongamos que algún individuo se negase a seguir estas corrientes de comportamiento, como, por ejemplo, un individuo crítico que busca una consciencia diferente, que se propone cuidar el Bien Público, que incluso llegara a identificar el dominio que ejercen esas dos formas de comportamiento. Es probable que tal individuo pueda moverse localmente de manera contraria a tales fuerzas gravitatorias, pero a largo plazo le será sumamente difícil mantenerse fuera de ellas. Esta situación resultaría equivalente a que un ente perteneciente a la órbita de la Tierra intentara no seguir esta órbita y, además, quisiera dejar de moverse en torno al Sol. Este pretendido desacople estaría destinado al fracaso, a menos que el ente en cuestión se desprendiera efectivamente de la órbita terrestre, así como del campo gravitatorio solar, transformando posteriormente su ser (*i.e.*, dejando con el tiempo de ser terrestre).

De la misma manera, el individuo occidentalizado latinoamericano pareciera que sólo puede salirse de los campos gravitatorios de la Tecnocracia y de la politiquería/picardía si logra desacoplarse de la sociedad occidentalizada y busca una cultura alternativa, como, por ejemplo, podría ser la Yekuana. Ello podría ocurrir sólo en la medida que el individuo asimile la nueva cultura, pensando y comportándose como tal. La comunidad Yekuana es una etnia ubicada en el Amazonas, estudiada por De Civrieux (1992) y por Guss (1994), que ha logrado mantenerse culturalmente autónoma, manejando de manera apropiada la interacción que pueda darse con la cultura Occidental. En relación a la segunda contribución puede leerse el siguiente comentario a su edición en Inglés (*To Weave and Sing: Art, Symbol, and Narrative in the South American Rainforest)*:

> La historia etnográfica aquí relatada incluye no sólo el descubrimiento español del Yekuana, sino que además detalla el punto de vista indígena de la historia de Yekuana y de su contacto con la cultura Occidental, revelando una técnica adaptativa de *mitopoiesis* por el cual los símbolos de una ideología europea nueva

y hostil han sido coherentemente desactivados a través de su incorporación a las estructuras tradicionales indígenas (Guss 2010).

Corresponde resaltar aquí que culturas como la Yekuana presentan formas de vida totalmente civilizadas desde el punto de vista de su cultura, dado que cuidan el Bien Público. Paradójicamente, en las sociedades Occidental y Occidentalizadas post-modernas se ha descuidado el Bien Público.

Otra posible forma de escaparse de las trampas de la Tecnocracia y de la politiquería es buscar el virtuosismo en el quehacer social a través de *prácticas*[4] sociales y organizacionales, como lo sugiere MacIntyre (1985); ejemplo de virtuosismo son varios de los autores acá citados, como Fuenmayor y Briceño. De la misma manera, existen comunidades que generan prácticas virtuosas desde sus "nichos" como algunos grupos que cultivan una cultura sana a través de prácticas relacionadas con antiguas corrientes de pensamiento y acción orientales (Chinas, Indias, etc.).

2.3. El deber ser: cultura y bien público

Para Ramsés Fuenmayor (2007a), el Bien Público fundamental es la cultura, el lenguaje, la *matriz fundamental*. Siguiendo su planteo debemos entender a esta matriz fundamental en términos de la forma maternal como nos han dado el mundo y como nos han dado al mundo. De manera recursiva: esta matriz es mía en la medida en que es de otros, y es de otros en la medida en que es mía; es la que nos lanza hacia los otros para ser parte del nosotros, por ello es buena y, a la vez es la que nos permite reconocernos como nosotros y reconocer lo que es bueno. La matriz fundamental es la que nos hace ser humanos, la que nos permite pensar, hablar y comportarnos como humanos, la que nos hace pueblo. También nos permite pensar en otros bienes públicos, aquello que es bueno de acuerdo a ella, como la naturaleza y otros entes materiales que reconocemos como propiedad privada. Por tanto, debe lanzarnos hacia la búsqueda del bien común, tanto de los humanos como del ambiente, tal como lo ha sido en los pueblos originarios.

Fuenmayor considera que el Bien Público por su carácter de bueno -tal como es buena la madre con el hijo, o como el hijo es bueno con la madre- debe ser cuidado. En las culturas en buen estado, lo bueno es bueno en el sentido que se siente hacia ello una deuda con agradecimiento. A este respecto debemos destacar que tal noción es muy cercana a la de las culturas originarias del Amazonas (para el caso de la cultura Yekuana, véase, por ejemplo, Guss 1994, y De Civrieux 1992). Formas de

[4] La noción de práctica refiere a una forma de quehacer en el que se busca la excelencia de lo hecho para el bien de toda la sociedad, de una forma cooperativa, solidaria, donde a través de la práctica se enseña la labor realizada a otros. Citando a Fuenmayor (2007a): "De acuerdo con MacIntyre, [una práctica es] una forma coherente y compleja de actividad humana cooperativa, socialmente establecida, mediante la cual se realizan bienes internos a esa forma de actividad, en la medida en que se intenta alcanzar esos patrones de excelencia que son apropiados para —y que parcialmente definen a— esa forma de actividad, con el resultado de que los poderes humanos para alcanzar excelencia y las concepciones de los fines y bienes envueltos son sistemáticamente mejorados" (MacIntyre, 1985, traducción de Ramsés Fuenmayor, pp. 32-33).

comportamiento que no cuidan el Bien Público, que no son culturales o que no se corresponden con una cultura sana terminarán siendo corrosivas y dañinas para la cultura. El comportamiento originado por los campos gravitatorios de la Tecnocracia y de la politiquería se ubica en esta clasificación.

La degradación del lenguaje en Latinoamérica es tal que nociones como la de Bien Público son entendidas y utilizadas en un sentido contrario al que debe dárseles. Por ejemplo, cuando se habla de que una calle o un parque son públicos, cada individuo generalmente piensa que lo puede usar a su antojo para su beneficio personal e incluso para dañarlo, bajo el pretexto de que también es de cada uno. Esta posición resulta paradójica puesto que al considerar y tomar como propio un Bien Público, genera que éste deje de ser de los otros, por lo que en realidad se lo está privatizando. Así, frases tales como "Venezuela ahora es de todos", eslogan gubernamental actual, pueden encerrar más un peligro que una esperanza dada la cultura tecnócrata/picaresca reinante.

Justamente, estos comportamientos tecnócratas/picarescos deben ser modificados a fin de crear una matriz fundamental en buen estado. En este trabajo sostenemos y proponemos que los métodos de Simulación Social pueden contribuir a este propósito de transformación y creación de una matriz fundamental latinoamericana, cuestión que es desarrollada más adelante en la sección 4.

Una cultura ideal -como las culturas americanas originarias y autóctonas- guiada por la razón primera, por tradiciones, mitos y ritos y en la que se persigue el Bien Público, es más predecible y en cierto sentido menos compleja. Por su parte, una cultura en mal estado como la latinoamericana que no cuida el Bien Público, en la que ni siquiera existe la posibilidad de que algo sea apreciado como tal, en razón de la propia forma de comportamiento de los latinoamericanos, y que se mueve alrededor de las fuerzas gravitatorias de la Tecnocracia y la politiquería/picardía, es sumamente compleja, tanto para un occidental tecnócrata como para los mismos latinoamericanos occidentalizados, así como también para cualquier miembro de una etnia con cultura en buen estado.

Ante este panorama, nos proponemos, primero, concebir una ciencia crítica para la cultura latinoamericana (sección 3) y, luego, dentro del marco de esta ciencia, poner en consideración ciertos elementos de la simulación y el modelado social que contribuyan a la promoción de una cultura latinoamericana sana donde re-aparezca la noción de Bien Público y se cuide el Bien Común (sección 4).

3. Ciencia crítica para una cultura Latinoamericana autónoma

Con cultura autónoma nos referimos a una cultura creada de manera endógena, que no se base en la imitación, que reconozca y se genere a partir de la historia propia, del entorno propio. Una cultura autónoma sería aquella que deje de girar en los campos de fuerza gravitatorios de la Tecnocracia y de la politiquería/picardía para crearse un campo gravitatorio propio y auténtico. Esto no significa que no deba estar

interrelacionada con Occidente, sino que la relación cambie, que esté basada más en el respeto entre culturas y en el reconocimiento del otro, en la autonomía de cada una, tal como ocurre entre culturas autóctonas en las selvas del Orinoco y del Amazonas[5]. Siguiendo a Habermas (1999), en la cultura tecnocrática occidental, el problema está dado por el dominio de lo instrumental y lo estratégico (búsqueda de fines dados) sobre la cultura y la institucionalidad, de lo cual no se escapa la sociedad latinoamericana occidentalizada dominada por la Tecnocracia y la politiquería/picardía.

Una ciencia para una sociedad autónoma debe ser una ciencia necesariamente crítica que reconozca, primero, su historia, su ser y el entorno local latinoamericano y, segundo, que reconozca también el entorno occidental, sus formas de dominio, y que esté dispuesta a luchar contra tal dominio en la búsqueda de dicha sociedad autónoma (ideas relacionadas a éstas fueron presentadas en Aguilar y Terán 2010). Esta ciencia debe cuestionar continuamente tanto las concepciones en las que se basa como las formas en que busca el saber: debe ser profundamente crítica. Fuenmayor (2007a) recomienda sembrar y cultivar ciencia en torno a prácticas sanas y virtuosas de acuerdo a las ideas de MacIntyre (1985).

Siguiendo a Habermas y a Fuenmayor, esta ciencia debe contribuir a recrear la cultura perdida, a fomentar una noción de Bien Público en el pensar, en el quehacer y en la actitud de los latinoamericanos, y a formar una verdadera cultura. Tal ciencia debe contribuir a que la cultura y la institucionalidad sean activas, mientras que la búsqueda de fines dados, lo instrumental y lo estratégico deben ser pasivos o estar supeditados a la cultura y a la institucionalidad, y no al revés como ocurre actualmente en Occidente y en Latinoamérica. Así, es necesario que esta ciencia contribuya también a crear institucionalidad no restringida a términos de espacios de reunión, sino comprendida como lugar de cultivo de prácticas de tradición virtuosa, donde se cultive el Bien Público y la matriz fundamental aludida precedentemente.

4. Modelado y simulación social y ambiental

La simulación social desde sus inicios con las ideas seminales de Herbert Simon en 'The Proverbs of Administration' (1946), posteriormente Richard Cyert y James March en su artículo 'A Behavioural Theory of Organizational Objectives' (1959), y en su libro *A Behavioural Theory of the Firm* (1963), presentan una alternativa a los estudios organizacionales tradicionales a fin de enfrentar la complejidad de tales sistemas. Esta alternativa tiene dos características: por un lado, emplaza al computador como medio de experimentación, como laboratorio virtual, para el estudio "sintético" del sistema real; y por el otro, hace un llamado para reconocer y explicitar los supuestos irreales y poco plausibles de las teorías organizacionales y económicas (Simon 1984). Por su contribución al estudio de los sistemas sociales (teorías de toma de decisiones más realistas, basadas en idea de racionalidad limitada, en la no

[5] Una profunda explicación de estas ideas pueden encontrarse en Fuenmayor (2000).

homogeneidad de los agentes económicos, en la noción de satisfacción en vez de la idea de máxima utilidad, etc.) Herbert Simon es galardonado con el Premio Nobel de Economía en el año 1978.

Más recientemente, se han desarrollado nuevas ideas en la simulación social, entre las que se destacan el uso de lenguajes lógicos, el concepto de agente, el modelado participativo y los juego de roles, la exploración de formas de autoorganización. Asimismo, han cobrado prominencia el desarrollo de modelos orientados a representar la meta-estructura social que faciliten la exploración de formas de auto-organización. A continuación, se examinan estas nociones y se analiza cómo pueden ayudar al desarrollo del bien común. Posteriormente proponemos una plataforma de conocimientos que integre estas herramientas y facilite el trabajo conceptual, la simulación y el trabajo de campo.

4.1. Agencia

La noción de agencia permite representar la toma de decisiones tanto de los individuos o entidades, como de organizaciones o instituciones. Los sistemas multi-agentes permiten modelar la interacción entre agentes autónomos y heterogéneos, tomando en cuenta tanto las relaciones entre ellos como con su entorno. Este tipo de estrategia de modelización permite representar la toma de decisiones recurriendo a la observación empírica de los actores involucrados, utilizando heurísticas de la inteligencia artificial, sin la necesidad de introducir supuestos irreales en la concepción del modelo. Como casos representativos de estas tendencias cabe referenciar los trabajos de Cohen (1985), Newell (1990), Moss (1995, 1998), Moss *et al.* (1998), y Terán *et al.* (2007), entre otros.

Por otro lado, es resulta relevante plantear la necesidad de desarrollar teorías locales que tomen en cuenta las particularidades del contexto estudiado y la idiosincrasia de los individuos que conforman la comunidad o sociedad estudiada. En este sentido, creemos que si se trata de la cultura latinoamericana la descripción realizada precedentemente en la sección 2 es útil. En general, esta descripción debe también basarse en estudios sociales, antropológicos e históricos, donde se describa de forma completa lo que fundamenta la toma de decisiones de la comunidad estudiada. Simultáneamente, se pueden plantear escenarios acerca de otras formas de comportamiento alternativas orientadas al cuidado del bien público.

4.2. Modelado participativo y juegos de rol

El modelado participativo consiste en realizar un modelo de simulación de una situación social (por ejemplo, el uso de un cierto recurso natural por parte de una o varias comunidades) incluyendo el punto de vista de los actores involucrados en la situación problemática bajo estudio. De este modo, la comunidad que constituye el objeto de conocimiento participa, simultáneamente, como sujeto de construcción deconocimiento. Los agentes sociales que forman parte de la realidad estudiada

participan en todas las fases del proceso de modelización, a saber: a) la conceptualización y determinación del objetivo del trabajo; b) la investigación, diseño y construcción del sistema computacional; c) el diseño y análisis de escenarios; d) la re-alimentación y aprendizaje del modelo y de la experiencia computacional para la toma de decisiones; e) la propuesta de nuevos escenarios y la formulación de políticas públicas. A continuación, se detallan estas ideas.

a) Al inicio del proceso de modelización participativa, la comunidad junto con los facilitadores (investigadores y representantes del Estado) debe darle sentido al trabajo a realizar (debe comprender el porqué del estudio), explicitar la problemática a ser abordada y a la metodología a utilizar. Por ejemplo, en el caso de la gestión del agua, los objetivos pueden ser: mejorar el manejo del agua a fin de proteger y mejorar la naturaleza circundante; obtener mejores rendimientos agrícolas y reducir conflictos con otros beneficiarios del agua.

b) La comunidad o las comunidades objeto del estudio deben ser partícipes del diseño del modelo. Por ejemplo, deben contribuir al diseño de los mecanismos de toma de decisiones, el diseño de las reglas de interacción entre los agentes, las pautas de comportamiento (negociación, cooperación, etc.), entre otras cuestiones. Esto debe ser realizado guardando un vínculo estrecho entr el modelo concebido y la realidad modelizada. Por lo tanto, se debe envitar introducir supuestos en el modelo que no guarden correlato con la situación problemática estudiada. Así, por ejemplo, si se realiza un estudio para la gestión del agua, los actores invoclurados participarán para explicitar cómo es el proceso de uso del agua en el año: en los momentos de siembra, de riego, de cosecha, etc.; cómo es el protocolo o la negociación del uso del agua dentro de la comunidad y en relación con otras comunidad; cómo han incidido los factores climáticos en el pasado y cómo se espera que se comporte el clima en distintas escalas temporales futuras.

Para el desarrollo de este proceso resulta valioso el uso de narrativas en las cuales se presenta una historia de las prácticas, creencias y discursos de las comunidades. A este respecto, resulta útil el desarrollo de investigaciones empíricas de carácter especializado que puedan aportar evidencia sobre los distintos aspectos del problema investigado.

Estos elementos permitirán definir, de modo muy general, los componentes de un modelo computacional que sea comprensible para la comunidad. Al mismo tiempo, dichos elementos servirán de insumo para desarrollar un modelo de naturaleza más técnica y refinada que pueda ser implementado en una plataforma de simulación comunicacional. En esta etapa puede resultar útil el emplo de *juegos de rol*, los cuales consisten en hacer simulaciones humanas de procesos sociales. En estos juegos son los propios actores los que representan distintos papeles y roles en la comunidad para explorar distintas dinámicas del fenómeno estudiado.

c) El uso de juegos de rol permite explorar escenarios alternativos y, asimismo, posibilitan el acercamiento entre los investigadores y la comunidad. El desarrollo de un modelo de simulación computacional que pueda ser ejecutado en una plataforma informática permite explorar de modo más rápido y sistemático la dinámica del sistema

estudiado y, por esa via, explorar nuevas posibilidades o escenarios. Todos los escenarios construidos, por juegos de rol o vía simulación computacional, deben ser validados por los propios actores involucrados en la problemática. De esta manera, el proceso de modelización participativa es un proceso de aprendizaje social y de co-construcción de conocimiento, en donde se se articulan los sabres legos de los actores sociales y los conocimientos especializados de los investigadores.

d) Finalmente, los investigadores junto a la comunidad deben explicitar y sistematizar los aprendizajes y conocimientos construidos con el fin de formular políticas públicas orientadas al bien público, en coherencia con los objetivos del proyecto. Este aprendizaje puede convertirse, asimismo, en un insumo para un nuevo proceso de simulación social. Algunos de los trabajos más sinificativos en el campo de la modelización participativa son los de Gurun *et al.* (2006), Barretau *et al.* (2001) y Daré y Barreau (2003).

4.3. Auto-organización

Existen diversas teorías de auto-organización de los sistemas complejos, entre las que se encuentra la teoría de la autopoiesis formulada por los biólogos chilenos Maturana y Varela (1984). Esta teoría fue concebida originalmente para describir auto-organización de los sistemas vivos. Sin embargo, la idea de autopoiesis ha sido empleada como metáfora heurística para pensar los sistemas sociales y guarda relación con el desarrollo de la teoría de sistemas criticamente auto-organizados, formulada por Per Bak (1996). A este respecto, se sugiere que estas teorías contienen aportes conceptuales para pensar la auto-organización de las instituciones y sistemas sociales. Asimismo, la idea de auto-organización complejizan y enriquece las teorías de la planificación estratégica y la gestión organizacional.

4.4. Modelado y simulación a nivel de la meta-estructura social

El modelado y simulación multi-agente constituye una estrategia que establecer un vínculo entre el nivel micro y macro de un sistema social. En efecto, un sistema multi-agente permite modelizar, por un lado, el comportamiento de agentes autónomos y heterogéneos y, por el otro, las consecuencias macro-sociales emergentes de dicho comportamiento. Por esta vía, la simulación multi-agente brinda una estrategia metodológica robusta para superar una de las más fuertes dicotomías en las ciencias sociales: la escisión agencia-estructura, individuo-sociedad. En esta línea, la simulación multi-agente permite modelizar las estructuras sociales o patrones macroscópicos de relaciones sociales.

En una investigación reciente, Perozo *et al. (*2010), ha desarrollado modelos para simular el comportamiento auto-organizado de la comunidad de Wikipedia y de la comunidad de software libre. Este tipo de simulación, resulta últil para identificar y validar tendencias de auto-organización. Asimismo, la exploración de procesos sociales a través de la simulación constituye una herramienta valiosa para el análisis

posibilístico de escenarios. En una palabra, la finalidad epistémica de la simulación con es la predicción sino analizar el rango de comportamientos posibles de un sistema, qué es lo que podría suceder y qué es lo que no podría tener lugar en un sistema.

4.5. La teoría de los Bienes Comunes

Los bienes comunes son un tipo particular de Bienes Públicos susceptibles a sufrir lo que se conoce como "la tragedia de los comunes" (Hardin, 1968), término que ha sido utilizado para describir la degradación del ambiente que puede esperarse siempre que muchos individuos utilizan al mismo tiempo un recurso común escaso. Sin embargo, existen formas de autoorganización y autogobierno que hacen posible escapar a la tragedia. En su libro *El gobiernos de los bienes comunes: la evolución de las instituciones de acción colectiva* Ostrom (2000) describe estudios empíricos de fracasos y éxitos en la gestión de recursos comunes y establece las bases de una teoría orientada a comprender los factores a considerar en el diseño de instituciones que permitan el uso sustentable del bien común.

4.6. Plataforma de Conocimientos para el rescate del Bien Público fundamental en las comunidades

A fin de contribuir con una herramienta orientada al cuidado del Bien Público, sugerimos una plataforma computacional, semejante en algunos aspectos a las plataformas de desarrollo de software libre. Se recomienda, primero, una forma de estructurarla (ver más adelante) y, en segundo lugar, que sea totalmente libre y liberadora, con el fin que sea alimentada por la sociedad. Por esta vía, distintos grupos de la sociedad civil, pueden contribuir, cooperar y colaborar a través del diseño, desarrollo, puesta en práctica y mantenimiento de dicha plataforma.

Sugerimos los siguientes niveles a tener en cuenta para el desarrollo de una plataforma de conocimientos conceptual-computacional.

1. Marco teórico conceptual liberador, crítico y reflexivo. En este primer nivel, en primera instancia, se crean las bases filosóficas y teóricas del proyecto, es decir, su finalidad ética y política. Esto incluye, principalmente, la explicación del sentido social y orientación del proyecto, la noción de Bien Público deseada, así como un diagnóstico del estado actual del Bien Público y de la matriz socio-cultural de Latinoamérica. Además, se deben especificar objetivos a largo, mediano y corto plazo, es decir, lineamientos, estrategias y acciones más específicas. Se trata de concebir un plan *general y flexible* de acción, seguimiento, evaluación y corrección. Este plan define el marco general del macro proyecto (o proyecto madre) que constituye la aplicación de esta plataforma en búsqueda del cultivo del Bien Público que puede dar lugar a múltiples proyectos o sub-proyectos de reflexión, investigación, apropiación y desarrollo, a fin de generar los diagnósticos y políticas necesarias, así como crear el conocimiento y la organización requeridas

2. Sistema de modelado y simulación de sistemas multi-agentes, y de modelos de meta-estructura social. Se trata del mecanismo que, en primer lugar, realice y facilite el modelado y la simulación multi-agente, por un lado, y, si es necesario, del modelado de la meta-estructura social, por el otro lado. En segundo lugar, este desarrollo se orienta a permitir la experimentación, el análisis de escenarios y exploración de comportamientos y procesos de auto-organización. Este sistema debe permitir la interacción con y la participación de las comunidades, a fin de que el sistema se realimente y la comunidad aprenda. El sistema debe ser capaz de simular la auto-organización de procesos sociales y explorar la dinámica de las interacciones entre los agentes y con el entorno. El análisis de escenarios, como la exploración de escenarios y tendencias emergentes, resulta crucial. Así, por ejemplo, Perozo *et al.* (2010) utiliza teorías que relacionan el comportamiento micro (interacción entre agentes) para comprobar la aparición de comportamientos macro (cooperación, auto-organización, etc.), a través de mapas cognitivos difusos. En este nivel es crítica la participación de las comunidades desarrolladoras de software libre, así como en todos los niveles es muy importante la participación de comunidades de conocimiento liberador.

3. Sinergia y aprendizaje. Es necesario contar con un sub-sistema de información (no necesariamente completamente computacional o automatizado) que apoye y facilite la interacción y realimentación entre los elementos de la plataforma descritos en los dos puntos anteriores, así como entre éstos y la comunidad a través del juego de rol y del modelado participativo. Debe ponerse atención en la sinergia y acoplamiento entre la experimentación, la teoría y la práctica o quehacer comunitario, a través del aprendizaje de la comunidad y los cambios en las herramientas y la filosofía en la que se sustenta el proyecto. De igual importancia, es la generación de indicadores de aprendizaje y de comportamiento en la comunidad, de acuerdo a los objetivos del proyecto y al marco filosófico del mismo. El trabajo empírico para generar comportamientos virtuosos debe ser realimentado por el conocimiento generado por los sistemas de modelado y simulación, así como por el trabajo filosófico-conceptual.

5. Conclusiones

Este trabajo ha procurado elaborar una mirada crítica y reflexiva de la ciencia occidental y, en particular, de la simulación social. Para este fin, se han tomado en cuenta los aportes de filósofos occidentales y latinoamericanos tales como Habermas, MacIntyre, Fuenmayor, Briceño, Heidegger y Ortega y Gasset. En esta andadura, este trabajo *ha sugerido un camino alternativo para la ciencia en Latinoamérica orientada al cuidado del Bien Público*, sobre todo, del *Bien Público fundamental*: *la Cultura*.

Se ha señalado el *carácter limitado* de las herramientas de la ciencia y tecnología occidentales, al ser aplicadas en su propia cultura, pero aún de manera más dramática cuando se intentan aplicar de modo axiológicamente neutral al servicio del bienestar general en otras culturas, como la latinoamericana occidentalizada. Se ha problematizado cómo las nociones de ciencia no escapan del dominio de las fuerzas

dominantes en Occidente y en Latinoamérica por lo que presentan un carácter sumamente limitado y de servicio a estas fuerzas, como, por ejemplo, a la Tecnocracia y a la politiquería/picardía (dominio explicado con la metáfora del campo gravitatorio). Es por esta razón que la apuesta más decisiva de este trabajo se orienta a estimular formas alternativas de hacer y aplicar la ciencia, liberadas y liberadoras de las fuerzas mencionadas.

Por otro lado, se ha planteado una *forma diferente de entender la complejidad,* como fenómeno emergente de la relación observador-observado en el seno de una *cultura* en la cual se problematizan e investigan fenómenos sociales. En este sentido, los latinoamericanos occidentalizados y los europeos tendremos puntos en común y de encuentro, pero también puntos disímiles y de posible desacuerdo, al comprender la complejidad de los fenómenos. Incluso, podríamos diferir al momento de definir asuntos tan importantes como qué es Bien Público, qué es desarrollo, o qué es un problema social complejo; y cómo estudiar estos asuntos.

Asimismo, se ha propuesto una forma diferente a la tradicional de hacer ciencia en Latinoamérica a partir de la incorporación crítica y reflexiva de las estrategias de modelado y simulación social. Por esta vía, se ha sugerido desarrollar una plataforma informática de simulación social para la co-construcción de conocimiento de situaciones sociales complejas. La finalidad estratégica de esta plataforma es constituirse en una herramienta de conocimiento y acción para el cuidado del Bien Público. Asimismo, tal plataforma procura promover la comunicación, la interacción y la institucionalidad, superando las limitaciones que imponen la racionalidad cognitivo-instrumental, a través de *prácticas sociales* apropiadas que hagan de los ciudadanos personas virtuosas del quehacer social, que cuidan su cultura. Dicha plataforma puede ser potenciada por movimientos sociales como el del Software Libre y el del Conocimiento Libre.

Por último, se han sugerido tres niveles para el desarrollo de esta plataforma: el primero orientado a generar un marco filosófico conceptual crítico, de *carácter histórico-ontológico*, donde el cuidado de la cultura como Bien Público sea el objetivo fundamental; el segundo es un nivel instrumental consistente en el desarrollo de herramientas de modelado y simulación de sistemas complejos dirigidas a estudiar problemáticas sociales complejas; y el tercer nivel consiste en la aplicación y apropiación de formas de organización, enseñanza y construcción de saberes emergentes de los niveles anteriores y orientadas hacia la promoción de prácticas sociales auto-críticas y reflexivas. Entre las herramientas de simulación social y los conceptos de sistemas complejos más relevantes para la tarea propuesta, se destaca la noción de agencia, los juegos de rol, la modelización participativa, las teorías de la auto-organización, la teoría de los bienes comunes, la simulación multi-agente.

Para concluir, este trabajo ha procurado sintetizar de modo sistemático y explícito una propuesta constructiva para el desarrollo de una ciencia socialmente relevante para el estudio de problemáticas sociales concretas y el cuidado del Bien Público. Con todo, se trata de un esbozo programático y de un lineamiento estratégico que debe ser construido colectivamente. La apuesta más decisiva de este trabajo es una

invitación a un trabajo colectivo colaborativo para construir en el plano práctico los lineamientos programáticos aquí desarrollados.

Bibliografía

Aguilar, José y Oswaldo Terán. 2010. "Ciencia y Tecnología liberada y liberadora, para una potencia mediana". En Haiman El Troudi y Fausto Fernández (coordinadores). 2010. *Venezuela: Potencia Emergente.* Monte Ávila Editores, Centro de Estudios Políticos Económicos y Sociales (CEPES), Caracas, Venezuela.

Bak, Per. 1996. *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality*, New York, EE.UU: Copernicus Press.

Baptista, Asdrúbal. 2005. "El capitalismo rentístico". *Cuadernos del CENDES, Elementos cuantitativos de la economía venezolana.* Tercera Época, Año 22, N° 60, Septiembre-Diciembre, Pág.: 95-111. Disponible en http://www.cendes-ucv.edu.ve/pdfs/Baptista%2095-111.pdf.

Barreteau, Olivier, François Bousquet, Jean-Marie Attonaty.2001. "Role-playing games for opening the black box of multi-agent systems: method and lessons of its application to Senegal River Valley irrigated systems". *Journal of Artificial Societies and Social Simulation,* 4 (2). Disponible en: http://jasss.soc.surrey.ac.uk/4/2/5.html

Briceño Guerrero, Jose Manuel. 2007. *El laberinto de los tres minotauros*. Caracas, Venezuela: Monte Ávila Editores Latinoamericana.

Cohen, Paul. 1985. *Heuristic Reasoning: An Artificial Intelligence Approach*. Boston: Pitman Advanced Publishing Program.

Daré, William y Olivier Barreteau. 2003. "A role-playing game in irrigated system negotiation: between play and reality". *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6 (3). Disponible en: http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/3/6.html.

De Civrieux, Marc. 1992. *Watunna*. Caracas: Monte Ávila Editores.

Fuenmayor, Ramsés. 2007a. *El estado venezolano y la posibilidad de la ciencia.* Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela: Fundacite. Disponible en: http://www.cenditel.gob.ve/node/422.

Fuenmayor, Ramsés. 2007b. "Carta al Sr. Hugo Chávez Frías, Presidente de la República Bolivariana de Venezuela", Universidad de Los Andes, 5 de mayo de 2007. Disponible en: http://www.cenditel.gob.ve/node/550.

Fuenmayor, Ramsés. 2001a. *Interpretando organizaciones: Una teoría Sistémico-Interpretativa de organizaciones.* Mérida, Venezuela: Consejo de Publicaciones de la Universidad de Los Andes.

Fuenmayor, Ramsés. 2001b. "Educación y la reconstitución de un lenguaje madre". *LOGOI*, Vol. 4, Centro de Estudios Filosóficos de la UCAB, Caracas (trabajo reproducido en el anexo de Fuenmayor 2007a).

Fuenmayor Ramsés. 2000. *Sentido y Sinsentido del Desarrollo*. Mérida, Venezuela: Consejo de Publicaciones y Consejo de Estudios de Postgrado de la Universidad de Los Andes. Disponible en: http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/centros_investigacion/csi/publicaciones/monografias/sentido_y_sinsentido.pdf.

Giangiacomo, Bravo. 2009. "The Evolution of Institutions for Commons Management: An agent-based model". En *Sixth European Social Simulation Association (ESSA)*. ESSA Conference. Guildford, Reino Unido, 14-18 de Septiembre. [Accedido el 11 de abril de 2010]. Disponible en: http://www.personalweb.unito.it/giangiacomo.bravo/files/InstEvol.pdf

Gurung, Tayan, François Bousquet, Guy Trébuil. 2006. "Companion Modelling, Conflict Resolution, and Institution Building: Sharing Irrigation Water in the Lingmuteychu Watershed, Bhutan". *Ecology and Society* 11(2)36: no paginado (49 páginas). Disponible en: http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss2/art36/

Guss, David. 2010. Description of the Book: *To Weave and Sing: Art, Symbol, and Narrative in the South American Rainforest*. [Accedido el 13 de diciembre de 2010]. Disponible en: http://www.ucpress.edu/book.php?isbn=9780520071858.

Guss, David. 1994. *Tejer y Cantar* (trad cast.). Caracas: Monte Ávila Editores.

Habermas, Jürgen. 1999. *Ciencia y tecnología como ideología*, Segunda Edición. Madrid, España: Editorial Tecnos S. A. (Edición original 1968: *Technik und Wissenschaft als «Ideologie»*)

Hardin, Garrett. 1968. "The Tragedy of the Commons". *Science*, 162(3859): 1243-1248.

Heidegger, Martin. 1977. "The Question Concerning Technology". En *The Question Concerning Technology and Other Essays*. New York, USA: Harper Torchbooks. Pag: 3-35.

Heylighen, Francis. 1991. "Cognitive Levels of Evolution: from Pre-rational to Meta-rational". En *The Cybernetics of Complex Systems - Self-organization, Evolution and Social Change*. Salinas, California: F. Geyer, Intersystems. Pag: 75-91.

Himanen, Pekka. 2002. *La ética del hacker y el espíritu de la era de la información*. [Accedido el 12 de octubre de 2010]. Disponible en http://www.educacionenvalores.org/IMG/pdf/pekka.pdf

MacIntyre, Alasdair. 1985. *After Virtue: a Study in Moral Theory.* Great Britain: Duckworth.

Maturana, Humberto y Francisco Varela. 1984. *El Árbol del Conocimiento: Las bases biológicas del bonocer humano*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

Moss, Scott. 1998. "Critical Incident Management: An Empirically Derived Computational Model". *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 1(4). No paginado. Disponible en: http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/1/4/1.html

Moss, Scott, Helena Gaylard, Steve Wallis, Bruce Edmonds. 1998. "SDML: A Multi-Agent Language for Organizational Modelling". *Computational Mathematical Organization Theory*, 4(1): 43-69.

Moss, Scott. 1995. "Control Metaphors in the Modelling of Decision-Making Behavior". *Computational Economics* 5(8): 283-301.

Newell, Allen.1990. *Unified Theories of Cognition.* Cambridge, MA, USA: Harvard University Press.

Ortega y Gasset, José. 1961/1935. *History as a System and Other Essays: Toward a Philosophy of History* (Trad. Helene Weyl del original en castellano: *Historia como sistema*). New York: W. W. Norton.

Ostrom, Eleonor. 2000. *Gobierno de los Bienes Comunes. La Evolución de las Instituciones de Acción Colectiva.* México (traducción de Corina de Iturbide y Adriana Sandoval): Fondo de Cultura Económica

Perozo, Niriaska, José Aguilar, Oswaldo Terán, Heidi Molina. 2010. "A Verification Method for MASOES". Sometido a evaluación para publicación en *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, *Part B: Cybernetics.*

Simon, Herbert. 1984. *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, Mass., USA: MIT Press.

Terán, Oswaldo, Norelkis Quintero, Magdiel Ablan y Johanna Álvarez. 2010. "Simulación Social Multi-agente: caso reserva forestal de Caparo". *Interciencia* 35(9): 696-703. Disponible en: http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/339/33914212011.pdf

Terán, Oswaldo, Johanna Álvarez, Magdiel Ablan y Manuel Jaimes. 2007. "Characterising Emergence of Landowners in a Forest Reserve". *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 10(3)6. No paginado. Surrey, Reino Unido. Disponible en: http://jasss.soc.surrey.ac.uk/10/3/6.html.

Villarreal, Mirian. 2007. "La enseñanza de la matemática y sus posibilidades cuando se ha deteriorado el afán de sentido". *Equisangulo (Foro). Revista Iberoamericana de Educación Matemática 2(4)*. Publicación de trabajos del III Encuentro Nacional y II Foro Internacional del Seminario Venezolano de Educación Matemática, Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela, 22-24 de julio de 2006. Disponible en: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/20323/1/articulo4.html

CAPÍTULO IX

Hacia un enfoque complejo de la desigualdad social

Reintegrando disciplinas y dimensiones de análisis para pensar nuestra realidad

Bárbara Altschuler*

1. Introducción

La desigualdad social constituye en la actualidad un problema crucial de las sociedades latinoamericanas, afectadas en su mayoría por la implementación de modelos neoliberales en el último cuarto de siglo, el cual vino a agudizar las desigualdades de diverso tipo que ya caracterizaban a estas sociedades. En este marco, la profundización de los fenómenos de pobreza, desempleo, precariedad laboral y exclusión social, concomitantes con procesos de concentración del ingreso y la riqueza, de extranjerización y globalización de sectores clave de la economía, han producido una transformación profunda de las sociedades latinoamericanas en las últimas décadas.

El fenómeno de la desigualdad económica y social ha sido, además, un problema teórico abordado y debatido ampliamente en las ciencias sociales, tanto desde autores clásicos como contemporáneos. El estudio de la desigualdad ha tenido una creciente relevancia analítica en los últimos años. Por un lado, debido a la constatación de su persistencia y/o aumento, incluso en el marco de procesos de "crecimiento económico". Por el otro, dada la mayor visibilidad que han adquirido otros tipos de desigualdades, como las étnicas, de género, sexuales, socio-ambientales, etc. Ambos procesos han contribuido al debate sobre la desigualdad, reconociendo a la misma como un fenómeno multidimensional y multideterminado (Reygadas 2008).

* Instituto de Desarrollo Económico y Social (IDES) y Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS), Buenos Aires, Argentina. Datos de contacto. Dirección postal: Cochabamba 380, Departamento 12, Capital Federal (1154), Argentina. Te. +54 (11) 4300 4882. Correo electrónico: altbar@fibertel.com.ar

Ahora bien, a pesar de la existencia de diversos esfuerzos significativos en la articulación interdisciplinaria de las ciencias sociales para el estudio de realidades más complejas, los mismos no constituyen actualmente avances sistemáticos ni generalizados, persistiendo en muchos estudios sobre desigualdades enfoques unidimensionales, no relacionales, estáticos y parcelados. En este marco, nos proponemos en este trabajo analizar algunas de las dificultades que atañen a las ciencias sociales para abordar problemas complejos y articular saberes disciplinares, e indagar en los aportes que el paradigma de la complejidad nos brinda en este sentido para el estudio de las desigualdades sociales.

Si bien lo iremos precisando en el trabajo, a fin de dar algunas orientaciones iniciales podemos señalar que Rolando García define a los sistemas complejos como aquellos que "están constituidos por elementos heterogéneos en interacción" (García 2007: 32). Por su parte, Edgar Morin señala que lo complejo es lo *multidimensional* pero que no se confunde con la completud, siendo aquello que "reúne en sí orden, desorden, organización, y, en el seno de la organización lo uno y lo diverso" (Morin 1994: 24). Por nuestra parte, salvo cuando aludimos a una definición más precisa, referimos como complejo a lo multidimensional y a las relaciones recíprocas entre estas múltiples dimensiones.

En este artículo, revisamos en primer lugar algunos debates de las ciencias sociales, indagando sobre dos *dualismos* o *tensiones* que nos parecen fundamentales para la temática propuesta: *individuo-sociedad* e *igualdad-diferencia*. Consideramos que estas tensiones son el resultado del pensamiento *disyuntivo y simplificador* que caracterizó el desarrollo de las ciencias (Morin 1977, 1994) y reflejan en buena medida el aislamiento y desarticulación en que las mismas se desarrollaron desde sus orígenes. En este recorrido, introducimos las dificultades encontradas desde diversas disciplinas sociales (principalmente la sociología, la antropología y la psicología), pero también los avances teóricos e interdisciplinarios realizados y señalamos algunos procesos sociales fundamentales que los contextualizan. A partir de ello, proponemos algunos enfoques teóricos y conceptos que nos parecen claves para aportar a un estudio más integral y complejo de los fenómenos sociales en general, y de las desigualdades sociales en particular, centrándonos fundamentalmente en el concepto de *figuración social* de Norbert Elias. En un tercer apartado puntualizamos las dificultades que encontramos en los estudios convencionales sobre desigualdad y planteamos cinco puntos a tener en cuenta en un estudio complejo de la misma. Por último, recuperamos algunos aportes fundamentales que el paradigma de la complejidad, desde autores como Edgar Morin y Rolando García, puede realizar para el estudio de esta temática. Finalmente presentamos algunas conclusiones y detallamos la bibliografía utilizada.

Coincidiendo con el espíritu entusiasta y desafiante de Edgar Morin, que hace ya varios años captó mi atención y me introdujo en esta perspectiva, nos internamos en este trabajo en una apasionante "aventura intelectual" que no consideramos como un proceso acabado, sino por el contrario como "un camino que se hace al andar" (Morin, 1994) y como una trayectoria y búsqueda que resulta única, dado que siempre implica, y esto es parte del análisis de la complejidad, la propia subjetividad y contextualización

del investigador. De este modo recupero un largo proceso de trabajo que vengo realizando desde mis estudios de Doctorado en Ciencias Sociales, y en cuya Tesis de Doctorado, en curso, me interrogo por las desigualdades sociales, intentando avanzar en una perspectiva compleja[1].

2. Dualismos y fronteras *entre* y *al interior* de las ciencias sociales

Para comenzar a enmarcar la temática propuesta, podemos señalar que la complejidad teórica de la problemática de la *desigualdad social* se explica por el atravesamiento de la misma por diversos nudos conceptuales de fuerte significación y debate para las ciencias sociales. Entre ellos podemos señalar: la problemática de la estructura social y del poder; las formas de construcción de hegemonía y sus diversos mecanismos de reproducción; los modos de legitimación, resistencia y cuestionamiento de un determinado orden social; las lógicas de integración, diferenciación y jerarquización social de una determinada formación social, entre otros.

Asimismo y en segundo lugar, consideramos que el análisis de la desigualdad social y sus formas de legitimación se encuentra inmerso en una serie de *dualismos* o *tensiones*[2] ya clásicos de las ciencias sociales y que las atraviesan desde su constitución, como ser: entre individuo y sociedad, entre estructura social y acción, entre lo objetivo y lo subjetivo, lo material y lo simbólico, entre igualdad y diferencia, por señalar los principales.

Estas tensiones o dualismos son en buena medida expresión del *pensamiento disyuntivo y reduccionista* característico de las ciencias modernas que, como señala Morin (1977, 1994), desgarra la realidad social. Uno de los factores que llevaron al aislamiento disciplinar de las ciencias sociales desde su origen -y a una posterior una hiper especialización disciplinar no articulada, durante el siglo XX- fue la necesidad de éstas de constituirse y legitimarse como ciencia, planteando cada una un campo y un método de indagación que resultara "claro y diferente" al de las demás, en el marco de un paradigma científico dominado por el método cartesiano. Al respecto, planteamos como hipótesis que la misma división y sectorización del conocimiento que se produjo *entre* ciencias naturales y sociales se reprodujo *al interior* de las ciencias sociales, e incluso al interior de cada una de las disciplinas, entre diversas teorías y enfoques.

Sin embargo, como también señalan Edgar Morin (1994) y Rolando García (2007), en la actualidad y desde hace varias décadas nos encontramos en un período de

[1] La tesis se enmarca en el Proyecto de Investigación del Instituto de Altos Estudios Sociales de la Universidad Nacional de San Martín (IDAES- UNSAM): "Legitimación de las desigualdades en la Argentina actual" dirigido por el Dr. Alejandro Grimson, y en el cual me desempeño como becaria doctoral.

[2] Nos referimos con *dualismo* a una serie de polaridades o *disyunciones* diría Morin (1977 y 1994) que separan y aíslan conceptos que en la realidad social resultan indivisibles. Es decir, aludimos a la dificultad de las ciencias sociales para pensar *articuladamente* tales dimensiones de la realidad social. Según los autores y las corrientes teóricas, estos dualismos se presentan en algunos casos como *tensiones,* que reconocen en mayor o menor grado su interdependencia, y en otros como *abismos* conceptuales irreconciliables.

crisis de los paradigmas y fronteras disciplinares tradicionales. Se produce así una conciencia e interés creciente por estudios interdisciplinarias que abordan problemáticas más integradas y complejas. En ello inciden tanto la dinámica de autocrítica y reformulación al interior de las ciencias, como los procesos y fenómenos sociales de la realidad contemporánea que no dejan de plantearnos nuevos problemas teóricos y prácticos, que ya no pueden estudiarse y resolverse satisfactoriamente desde enfoques parcelados, unidimensionales y reduccionistas.

En este marco planteamos también -como hipótesis que desarrollaremos en seguida- que, en general, la desarticulación y el desconocimiento mutuo entre disciplinas sociales es tal que, incluso cuando desde una disciplina se intenta *reintroducir* en el análisis dimensiones de la vida social que serían "competencia" de sus "primas cercanas" (por ejemplo la utilización por parte de la ciencia económica o la sociología de ideas como "cultura", "sujeto" o "subjetividad", propias de la antropología y la psicología) lo hacen en general o bien por yuxtaposición de ideas y conceptos no vinculados analíticamente, o bien incurriendo en errores conceptuales, al utilizar nociones que podríamos calificar de "pre- científicas" y vinculadas al "sentido común". Es decir, que no se nutren de los debates y avances fundamentales realizados en su especialidad disciplinar.

2.1. Sociología y Antropología. Dualismo entre igualdad y diferencia

La sociología, que se consolida como ciencia entre 1830 y 1895, surge como respuesta a la crisis de los vínculos sociales que significó la revolución industrial en el siglo XIX[3] y se vincula desde el inicio, tal como señala De Ipola (2005), con la pregunta por el lazo social: ¿por qué hay sociedad, el ser-con-los-otros? Es decir, se interroga por las formas de integración social, pero también y casi al mismo tiempo, se formula la pregunta contraria ¿por qué hay lo anti-social, lo a-social, la atomización, el conflicto, la guerra? De aquí en más, la tensión entre *integración y conflicto*, y vinculada a ésta, la tensión entre *igualdad y diferencia*[4], recorrerá al conjunto de las ciencias sociales y a la sociología en particular.

En este marco, la sociología se especializó en estudios sobre la conformación de la estructura social y las clases sociales –en los enfoques de orientación marxistas- o bien estudios de estratificación social -en el caso de enfoques weberianos. Sin embargo, los estudios clásicos se vieron atravesados desde la segunda mitad del siglo XX, por una serie de debates teóricos y procesos sociales que tuvieron como resultado

[3] A Emile Durkheim, quien es considerado el "padre de la sociología", le preocupaba que la sociabilidad pre- capitalista no hubiera sido reemplazada por nuevas formas (*orgánicas*) de lazo social; lo que lo inquietaba, era la atomización social y el auge de los conflictos en la nueva sociedad industrial. Por otra parte, su insistencia estaba puesta en marcar la *autonomía e institucionalización* de la sociología como ciencia, lo cual se refleja en su frase ya clásica *"Lo social se explica por lo social"* (Durkheim: 1895).

[4] Conviene de entrada señalar que *diferencia y desigualdad* son conceptos emparentados pero no sinónimos. Mientras que las *diferencias* (entre individuos, grupos, sociedades) son infinitas y no implican necesariamente una jerarquía o valoración, la *desigualdad* es un concepto *normativo*, que implica determinadas definiciones morales y valorativas, tanto por parte del investigador como de los actores sociales, remitiendo a contextos históricos, sociales, políticos y culturales específicos.

el casi abandono de la perspectiva de clases y de la estructura social, especialmente desde los años ´80 y ´90. Entre los procesos sociales que hacen al contexto socio político de la época podemos mencionar: el fin de la "bipolaridad" mundial y la "guerra fría" así como la posterior "neoliberalización" del mundo y la "globalización"; la crisis del fordismo y del Estado de Bienestar y la consiguiente fragmentación y heterogeneización social al interior de las categorías de clase (típicamente pensadas desde el marxismo por la oposición capital- trabajo). Al mismo tiempo, el surgimiento de "nuevos movimientos sociales" desde los años ´70 y '80, como los movimientos feministas, por la diversidad sexual, indígenas y de "minorías" étnicas o raciales, ayudaron a instalar en la agenda política y en la teoría social nuevos *clivajes* de desigualdad como los de *género* y *etnia*. Estos procesos, tuvieron como resultado el cuestionamiento de la centralidad de la noción de *clase*, como categoría privilegiada para el análisis del conflicto y la desigualdad social, ampliando las miradas sobre otros procesos y dimensiones.

En el plano teórico, las reconceptualizaciones y aportes de sociólogos como Pierre Bourdieu (1984 y 1979) o Anthony Guiddens (1979) se orientaron a "desreificar" la estructura y dinámica de clases, tal como eran presentadas por las corrientes más ortodoxas del marxismo. Si bien estos autores reivindicaron los principales hallazgos de Marx, intentaron además *articularlos* con aportes fundamentales de Max Weber y Emile Durkheim, quienes al igual que Marx son considerados los "clásicos" de la sociología. Algunos de estos aportes, que interesan particularmente para nuestra temática, se relacionan al *cuestionamiento de la determinación unidireccional* de la dimensión económica, a las funciones sociales de los *bienes y las prácticas simbólicas* y al estudio de las *formas de legitimación* de un orden social. Tales incoporaciones ayudarían a comprender no sólo los mecanismos de *producción* de las estructuras y las jerarquías sociales sino también los de *reproducción* y *sostenimiento* de las mismas. Este "cruce de caminos" o fertilizaciones mutuas" como diría Morin (1994: 12) dieron lugar a análisis enriquecidos, permitiendo superar algunos de los dualismos señalados, particularmente la división entre lo "objetivo" y lo "subjetivo", entre lo "material" y lo "simbólico" en el análisis de la estructura y la desigualdad social. Así, tales aportes, no sólo lograron articular productivamente –en un sentido enriquecedor y no reduccionista- trayectorias teóricas que parecían irreconciliables dentro de la sociología (como la tradición marxista y la weberiana) sino que además implicaron importantes aperturas y demandas analíticas hacia otras disciplinas, como la antropología y la psicología.

En cuanto a la antropología -y su metodología fundamental, la *etnografía*- su articulación se hizo necesaria para poner en foco procesos más *micro* de las relaciones sociales, en oposición a los *macro* estudios que caracterizaban a la sociología. Para explicar el *interior* del mundo social se hizo necesario recurrir a la indagación de las *visiones* y *categorías nativas* que construyen y utilizan los actores sociales, las formas de *construcción de sentido* por parte de estos en la vida cotidiana, los modos de *resignificación* siempre situados (en lo histórico y geográfico) de normas, pautas y

valores sociales, *la performatividad* de los *bienes y prácticas simbólicas*; en síntesis, las formas de *mediación cultural* que operan en los procesos sociales.

Sin embargo, tal como señalan Grimson y Seman (2005), la noción de *cultura* - objeto de estudio privilegiado de la antropología- poseería actualmente una situación "paradojal". Por un lado, porque en el mismo momento en que el conjunto de las ciencias sociales reconoce la importancia de la misma "en un sentido antropológico"[5], la antropología se encuentra en un fuerte debate sobre su definición y utilidad conceptual. Ello se enmarca en un importante proceso de "autocrítica" y reconceptualización del campo antropológico, en un contexto intelectual ya marcado desde los años ´70 y ´80 por las teorías posmodernas, postestructurales, deconstructivas, transdisciplinares, etc., y que en términos generales podemos decir que aluden a un análisis más *complejo* de la vida social.

Entre los *especialistas,* los debates sobre "cultura" se orientaron en una serie de sentidos que podemos sintetizar del siguiente modo: a) tendieron a deconstruir las posturas más esencialistas, estáticas, mecanicistas y deterministas, tanto del concepto de *cultura* como del de *identidad* (Hall, 2003; Brubaker y Cooper, 2002); b) se inclinaron a pensar que las culturas no estarían orgánicamente separadas unas de otras, no serían un todo coherente y los grupos culturales no pertenecerían necesariamente a un mismo territorio (Grimson y Seman, 2005), particularmente en un período de creciente "interculturalidad" como el actual (Canclini, 2004); c) a partir del trabajo de Barth (1976) sobre "los grupos étnicos y sus fronteras", los trabajos sobre cultura e identidad se orientaron hacia el estudio de las *fronteras* entre culturas o grupos sociales y al reconocimiento de que sus *límites* son más o menos borrosos, porosos y asimétricos según los casos (Grimson, 2007; Lamont y Molnár, 2002), d) además, y en oposición a los llamados "estudios culturales", se planteó la necesidad de reintroducir en el análisis de la cultura las variables *históricas y del poder* (Ortner, 2005) lo cual implica que el análisis cultural debe *entrelazarse* con el análisis de los procesos sociales y políticos, las prácticas y la subjetividad (Williams, 1977).

Así, la antropología, a partir del estudio de las *diferencias culturales* y no de las esencias; de las pujas sociales por la *construcción de sentidos y valores* y no simplemente de *los* sentidos y valores de una cultura; de las *fronteras y mixturas* socioculturales, más que de elementos fijos y estáticos; logró problematizar la tensión dual entre *igualdad y diferencia*, tendiendo a reconocer la existencia de una *relación dialéctica* entre ambos conceptos, y a usar el concepto de cultura para reconocer y problematizar la diversidad, tanto en el tiempo, como en el espacio.

Pero entonces, ¿qué significa la *mediación cultural* de los procesos y fenómenos sociales? y ¿qué vinculación tiene esto con las desigualdades sociales y su legitimidad? La mediación cultural implica comprender que existen mecanismos socioculturales a través de los cuales se construye colectivamente el *consenso*, el *sentido común* y la *legitimidad* de un determinado orden social; y que tales construcciones históricas

[5] Es decir, aludiendo a la noción *descriptiva* y no *normativa* de las culturas y los grupos sociales, particularmente a partir de los aportes de Francis Boas (Cuche, 1996).

resultan clave para analizar de qué modo y en qué medida una sociedad, y sus diversos sectores, considera justo, injusto, aceptable o inaceptable diversos tipos y niveles de desigualdad social. Ahora bien, pensar estas formas de *significación y construcción de sentido social* de modo articulado con una visión sociológica o estructural, implica a su vez entender que estos procesos no se realizan de manera aleatoria e individual, sino que refieren a estructuras, posiciones, relaciones y valores, que por más diversos que sean, se construyen siempre de manera colectiva y relacional, en procesos socioculturales, histórica y geográficamente situados.

Sin embargo, como señalamos en el apartado anterior, todos estos avances, que permitirían un alto grado de sutileza y sofisticación disciplinar, no son en general difundidos y adoptados por otras disciplinas sociales -y mucho menos por el "sentido común"- continuando el grueso de los estudios utilizando versiones esencialistas, etnocéntricas y estáticas de "la cultura" y las diferencias culturales.

2.2. Psicología y Sociología. Dualismo entre individuo y sociedad

Además de la dualidad entre igualdad y diferencia, otra dualidad se plantea desde el comienzo y atraviesa al pensamiento social: la división entre *individuo y sociedad*. Ella se expresa también como el problema de la relación entre el *sistema social* y los comportamientos individuales o las formas de subjetividad; entre las *determinaciones* de la estructura social y la capacidad de *agencia* de los individuos; y otras formulaciones que en general aluden a la tensión entre individuo y sociedad. La misma, es en gran parte el resultado de las dificultades para un abordaje *articulado* entre disciplinas sociales y entre éstas y el resto de las ciencias. Tal problema se presenta como una especie de *abismo* conceptual, por ejemplo, entre psicología y sociología.

Para avanzar en esta problemática, introducimos en este y el siguiente apartado, los importantes aportes de un sociólogo de origen judío- alemán, Norbert Elias quien al respecto señala:

> No es habitual, en un libro que trata de los problemas de la sociología, ocuparse con cierta extensión de la imagen que se tiene del individuo, de la persona individual. La especialización científica es actualmente tan rigurosa que si en la relación con los universales de la sociedad se incluyen en la reflexión no sólo problemas de los hombres en plural, sino también problemas de los hombres en singular, se da la sensación de proceder casi a un paso ilegal de frontera o tal vez incluso de proceder a un desplazamiento ilegítimo de los mojones que señalan la línea fronteriza (1982:154 y 155).

Este pasaje refuerza lo ya señalado en cuanto a la especialización de las ciencias y la dificultad para pensar al individuo y la sociedad de manera conjunta. Al respecto Elias plantea que la separación *convencional* entre la investigación científica *del* hombre y *de los* hombres es problemática, y constituye "un error intelectual" (1982).

Asimismo, que la limitación disciplinar, no por motivos *objetivos* sino de *especialización* entre los campos de estudio, redunda en un empobrecimiento y errores conceptuales para ambos.

Como ya vimos en el apartado anterior, también aquí generalmente sucede que aún cuando se intenta un análisis más "integrado" y "complejo" de la realidad social, se lo hace desde nociones que no se condicen con los avances realizados por tal especialización, ya que constituyen aproximaciones unilaterales desde una u otra disciplina y no desde un enfoque y metodología interdisciplinaria, como veremos luego que lo plantea Rolando García (2007). Así por ejemplo, desde Sigmund Freud y los avances posteriores del psicoanálisis, sabemos que el hombre no constituye una unidad coherente e integrada, ya que una parte importante de su estructura psíquica permanece inconciente, vinculándose ésta a través de complejos mecanismos y procesos con su parte conciente (el "yo") y con los ideales propuestos por su entorno familiar y social ("super yo" o "ideal del yo"). Sin embargo, poco se ha avanzado en las profundas implicancias que semejante descubrimiento tiene para el conjunto de las ciencias sociales. Por citar sólo un ejemplo, la *teoría de la acción racional* -a que tanto se hecha mano desde la ciencia económica para explicar el comportamiento de los individuos- desconoce por completo esta dimensión constitutiva del hombre, incurriendo en errores conceptuales característicos del pensamiento racionalista. Del mismo modo, como señala Elias, la sociología convencional intenta clarificar la imagen de *los hombres* como sociedades pero no como individuos, con lo cual incurre en una visión del hombre "no crítica" o incluso, "pre- científica", es decir, abstracta o idealista.

Por otra parte, desde la psicología, e incluso a veces también desde la psicología social, cuando se pone al hombre individual en el centro de atención, dejando en *los márgenes* su inserción en la sociedad o tomando a ésta como mero "medio" o "entorno", se pierde la visión de la totalidad y se reducen los problemas específicamente sociológicos o de las ciencias políticas (como la estructura social o el reparto de poder) a problemas meramente psicológicos.

En un trabajo anterior (Altschuler, 2008) planteamos que los enfoques y aportes de la sociología y la psicología, desde las contribuciones específicamente de Norbert Elias (1982 y 1976) y Sigmund Freud (1921 y 1930), parecían por momentos divergentes, y por momentos similares pero en diversos planos (el individuo y la sociedad) y, por tanto, resultaban complementarios. Planteamos así que los análisis de cada disciplina entraban en un terreno oscuro[6], justo allí donde empezaban los aportes de la otra, y calificamos a esta distancia (no *real* sino por motivos de especialización) como un *abismo* o *hiato* entre psicoanálisis y ciencias sociales. En este sentido y como profundizaremos enseguida, los aportes de Elias resultan fundamentales. Este autor señala:

> Lo que se caracteriza con dos conceptos distintos como individuo y sociedad no son, como el uso actual de estos conceptos a menudo

[6] Para el caso de la psicología la *sociedad,* en tanto realidad estructurada; y las *motivaciones o factores inconcientes* que llevan a los individuos a identificarse o a diferenciare, para la sociología.

> hace aparecer, dos objetos que existan separadamente, sino dos planos distintos, pero inseparables, del universo humano (Elias, 1982: 156).

Pero además, retomando la problemática específica del poder y la desigualdad social, podemos preguntarnos, como lo hace Elias (1976)[7]: ¿Qué factores llevan a los hombres a diferenciarse, constituir relaciones de poder y de desigualdad? ¿Cómo se desarrollan estos procesos y por qué? ¿Qué hay por detrás de las relaciones de poder y desigualdad, más allá del interés por el beneficio económico o material? Elias explica que el gran descubrimiento de Marx en relación a la búsqueda de ventajas económicas en las luchas sociales fue en verdad iluminador, pero a tal punto que encegueció otras miradas y oscureció otras necesidades que poseen los hombres y por las que luchan en sus relaciones, tales como la necesidad de *auto- estima, reconocimiento y valoración.* De este modo, Elias *articula* problemáticas sociológicas, económicas y políticas fundamentales (como son el poder, los privilegios económicos, la estructura y la desigualdad social) con dimensiones subjetivas, emotivas y hasta biológicas[8] de los individuos, tendiendo así importantes puentes *entre* las disciplinas sociales, pero sin escindir además las dimensiones *biológicas y físicas* que atañen a la complejidad de la vida humana (Morin, 1994).

2.3. Algunos enfoques y conceptos clave para la articulación interdisciplinaria de las ciencias sociales y el estudio de la desigualdad

Como señala Morin (1977: 25), un enfoque complejo y multidimensional, no implica un *enciclopedismo* que resultaría desalentador. De lo que se trata más bien es de encontrar *puentes analíticos* y conceptos clave que nos permitan *articular* los saberes especializados, no para negarlos sino por el contrario, para integrarlos de una manera no disyuntiva ni reduccionista.

En este marco, proponemos un concepto que nos resulta clave para avanzar hacia un camino de articulación entre disciplinas sociales y que además claramente resulta significativo en un estudio de la desigualdad social: el concepto de *figuración social* de Norbert Elias.

Como ya vimos, la especialización disciplinaria habría hecho perder la visión de conjunto de la realidad social, cayendo no sólo en la incomprensión de la misma, sino además en errores conceptuales. El concepto de *figuración social*[9] propuesto por Elias (1982) se plantea como el estudio del *"entramado de acciones de un grupo de individuos interdependientes"*. El mismo nos permite pensar al mismo tiempo la

[7] En su *"Ensayo teórico de la relación entre establecidos y marginados"* (1976), donde Elias interpela a las ciencias sociales, obnubiladas por enfoques racionalistas y economicistas.

[8] Elias aborda estas cuestiones en su monumental obra *El proceso de la civilización. Investigaciones sociogenéticas y psicogenéticas* (1989), en la que desarrolla con un detalle socio histórico considerable los mecanismos de coacción social y autocoacción que sobre las funciones biológicas impone la "civilización".

[9] También a veces traducido como "configuración".

dimensión individual y la social, ya que hace eje en un enfoque relacional y sistémico de la sociedad, en tanto red de relaciones interdependientes. Pero a su vez, esta interrelación no se produce entre *hombres abstractos*, sino entre hombres *concretos*, es decir en toda su totalidad: "no sólo en su intelecto, sino con toda su persona, con todo su hacer y todas sus omisiones en sus relaciones recíprocas" (1982: 157). El concepto de figuración puede aplicarse tanto a grupos pequeños (como una familia, un barrio, o un juego de naipes) como a sociedades integradas por miles o millones de individuos interdependientes, en lo que este autor llama "figuraciones complejas" y "cadenas de interdependencia" (1982).

Más aún, Elias ubica en el centro de la cuestión el tema de la desigualdad y el poder, ya que la *interdependencia* de los individuos -en tanto premisa para que se constituya una figuración específica- siempre implica diferenciales de poder y valoración social. No se trata sólo de una interdependencia de los hombres en tanto aliados, sino también como adversarios. Así, en una figuración puede existir *una jerarquía* de varias relaciones "yo" y "el" o "nosotros" y "ellos", y ello posee además una *historicidad*. Es decir que en las cambiantes figuraciones de poder se da una "oscilación en el balance de poder" entre grupos sociales. Estos "equilibrios fluctuantes de poder" se cuentan entre las peculiaridades estructurales de todo proceso de figuración (Elias, 1976).

De este modo el enfoque de Elias permite, por un lado, analizar de manera conjunta al individuo y su entramado social, y por otro, permite visualizar a las relaciones de interdependencia no solamente en función de la integración social, sino también de los procesos de diferenciación, conflicto y desigualdad social.

En este camino, queremos tan sólo señalar (ya que no podemos desarrollarlos aquí) algunos otros conceptos y enfoques que nos parecen aportes significativos en el mismo sentido. Así por ejemplo, el concepto de *hegemonía* de Raymond Williams, alude al "complejo entrelazamiento de fuerzas políticas, sociales y culturales" (1979: 129) que intervienen en la construcción de un orden social e instituyen la legitimidad de ciertas relaciones de dominación- subordinación. Otros conceptos de Williams que avanzan en la interpretación de una realidad compleja son los de "estructuras del sentir" y el de "difusividad de las áreas de la vida social". Otros enfoques que si bien son insipientes resultan alentadores en post de estudios más articulados e interdisciplinarios son los *estudios sociales de la economía* (sociológicos y antropológicos) y la *sociología y antropología de las emociones*.

3. Hacia un enfoque complejo de la desigualdad social

3.1. Limitaciones de los estudios convencionales sobre desigualdad. Requerimientos y algunos avances para abordar la problemática en su complejidad

Hoy en día, es ya casi un *lugar común* decir que America Latina es "la región más desigual del mundo". Sin embargo, a pesar de existir cierto consenso sobre esta afirmación, son muchas las dificultades y restricciones que encontramos en los estudios al respecto para considerar la problemática en toda su profundidad y complejidad. En primer lugar, porque buena parte de los estudios siguen siendo casi exclusivamente de carácter *económico*, y más aún, *cuantitativos* (basados en el nivel de ingresos, índice de Gini, etc.) o bien socio- económicos (midiendo "necesidades básicas insatisfechas", condiciones de vivienda, acceso a servicios básicos, salud, educación, etc.) pero de orden más bien *descriptivo* y *estático* (a- histórico y no dinámico). Claramente estas mediciones resultan útiles, pero insuficientes para la comprensión del fenómeno.

En segundo lugar, porque si bien la desigualdad alude inevitablemente a un fenómeno relacional, en general los estudios se retrotraen a *categorías no relacionales* como *pobreza, vulnerabilidad social, exclusión,* lo cual no es malo en sí mismo, pero pierde de vista la dimensión relacional, fundamental para comprender el problema en su complejidad y en sus causas.

En tercer lugar, pocos estudios aluden a las *diversas dimensiones* de las desigualdades sociales, las cuales como ya señalamos, no son solamente socioeconómicas sino también, y muy fuertemente en el caso de América Latina, desigualdades *étnico- raciales* (dado que coexisten en la mayoría de los países latinoamericanos y sus subregiones múltiples y diversos grupos étnicos, lenguas, sentidos culturales, etc.); de *género* (ya que persisten fuertes estructuras "patriarcales"); *políticas* (grandes asimetrías de poder y participación en la vida publica); *territoriales y ambientales* (contaminación, desigual acceso a la tierra y los recursos naturales, diferencial de "oportunidades" de desarrollo de acuerdo a la región que se habita); y *simbólicas* (status, reconocimiento y valoración social y personal), por señalar tan sólo las más importantes.

Incluso, el reconocimiento de las múltiples dimensiones de la desigualdad, si bien es un avance, no resulta suficiente, ya que además es necesario analizar en cada caso concreto, *cómo se entrelazan estas desigualdades*[10] y los resultantes de su efectos combinados. Por ejemplo, qué implica en determinados contextos -históricos y culturales- ser mujer, negra y pobre, o ser indígena, vivir en regiones aisladas y ambientalmente degradadas, con escaso acceso a recursos y participación política.

[10] Un grupo de investigadores de Alemania y América Latina se encuentra actualmente desarrollando esta perspectiva de las "desigualdades entrelazadas e interdependientes", a partir de la red denominada desiguALdades.net. Tuve oportunidad de participar en ella en ocasión de la "Escuela de Verano sobre desigualdades interdependientes en América Latina" que se desarrolló en Sao Pablo, Brasil, entre el 1 y 5 de noviembre de 2010.

En cuarto lugar, es necesario considerar, en el entrelazamiento de las desigualdades en escenarios concretos, *cómo interactúan las diversas escalas* (lo local, regional, nacional y global), dado que los recortes meramente regionales y/o nacionales no dan cuenta de tal interacción. Si bien esto es valido para todas las regiones del mundo, lo es particularmente para América Latina, cuya historia desde el "descubrimiento", la conquista, la colonización, su inserción subordinada en el mercado mundial, la dominación económica, política, cultural, etc. ameritan una consideración muy particular de este punto y en perspectiva histórica.

En quinto y último lugar, resulta fundamental también orientar los estudios hacia la comprensión no sólo de los mecanismos de *producción* de las desigualdades, sino también de *reproducción, legitimación y sostenimiento* de las mismas (Grimson, *et al.* 2008), analizando qué mecanismos materiales y simbólicos se ponen en juego en las interacciones cotidianas que actualizan estas desigualdades. Se plantea aquí el estudio de los mecanismos de construcción de *hegemonía* y *legitimidad* de un orden social, los cuales nos permiten analizar en qué medida las desigualdades sociales son "naturalizadas" y por tanto "invisibilizadas", o por el contrario son reconocidas y/o cuestionadas por los sujetos sociales en cada momento histórico y contexto socio-cultural[11].

Por otra parte, es de destacar que existen importantes estudios contemporáneos que tienden a pensar la desigualdad como un fenómeno complejo, multidimensional y multideterminado. Los trabajos de Luis Reygadas son significativos en este sentido, este antropólogo mexicano retoma los aportes de Weber y Marx -a quienes considera los pilares de las teorías actuales sobre la desigualdad- y señala que ambos autores hacen hincapié en la explicación de las desigualdades en el marco de relaciones de poder. En su libro *La apropiación. Destejiendo las redes de la desigualdad* (2008), Reygadas plantea una visión *relacional, procesual y disputada,* en cuanto a su legitimidad, del fenómeno de la desigualdad. Entiende a ésta de modo *multidimensional* (en el reconocimiento de distintos tipos de desigualdades, incluyendo no sólo los aspectos económicos sino también los políticos y simbólicos) y *multideterminada* (interviniendo en ellas, de forma articulada, los niveles individuales, relacionales y estructurales).

También resultan relevantes los trabajos de Charles Tilly quien, en su análisis de la "desigualdad persistente" (Tilly, 2000) discute abiertamente con el "individualismo metodológico", el cual tiende a explicar la desigualdad como resultado de procesos mentales, decisiones y aptitudes individuales o grupales). En línea con el enfoque planteado por Reygadas, aboga por un enfoque *relacional*, es decir, que pone el acento en los lazos sociales, "en los vínculos y no en las esencias" (Reygadas 2008) y en *perspectiva histórica*, a fin de comprender las *acumulaciones desiguales* que producen

[11] Esta línea de investigación es desarrollada actualmente por el proyecto de investigación del IDAES-UNSAM "Naturalización y legitimación de las desigualdades sociales en la Argentina", dirigido por Alejandro Grimson.

efectos en el presente (por ejemplo la falta de acceso a una alimentación y educación de calidad).

3.2. Aportes del paradigma de la complejidad para la articulación disciplinaria y el estudio de las desigualdades sociales

En el recorrido realizado hasta aquí, hemos intentado *poner a jugar* algunos de los aportes (críticas y perspectivas) del paradigma de la complejidad para el análisis de algunas dificultades de las ciencias sociales y para abordar la problemática de la desigualdad. De este modo, podemos ahora sistematizar tales contribuciones -especialmente desde los trabajos de Edgar Morin y Rolando García- y realizar al mismo tiempo algunas relaciones con lo antes señalado.

En primer lugar, el paradigma complejo nos brinda una herramienta epistemológica fundamental para reflexionar críticamente sobre los obstáculos y limitaciones de las ciencias sociales en su devenir y en la actualidad. Lo hicimos a partir de la identificación de algunos dualismos que las atraviesan y que entendemos como resultado del pensamiento *disyuntivo, reduccionista y simplificador* a que alude Morin (1977 y 1994), y a la especialización desarticulada en que se desarrollaron históricamente las ciencias.

En segundo lugar, consideramos que el paradigma complejo aporta importantes elementos para superar estos dualismos y lograr un pensamiento más dialéctico de la realidad, ya que "la aceptación de la complejidad es la aceptación de una contradicción" (Morin, 1994: 95) y el reconocimiento de la *interrelación* o *dependencia mutua* de las dimensiones que habían sido separadas o aisladas (lo socio antropológico, lo biológico y lo físico), pero no en la forma de un "círculo vicioso" sino de un *espiral* enriquecedor. En palabras de Morin:

> Siempre se han roto los círculos viciosos, ya sea aislando las proposiciones, ya sea eligiendo uno de los términos como principio simple al cual deben reducir los demás […] Entrevemos la posibilidad de transformar los círculos viciosos en ciclos virtuosos, que lleguen a ser reflexivos y generadores de un pensamiento complejo. De ahí esta idea que guiará nuestra partida: no hay que romper nuestras circularidades, por el contrario, hay que velar para no apartarse de ellas. El círculo será nuestra rueda, nuestra ruta será espiral (Morin, 1977: 31 y 32).

De este modo, el enfoque de la complejidad propone un método de conocimiento que permite *distinguir sin desarticular* y *asociar sin identificar ni reducir*. Ello hace posible repensar los dos dualismos fundamentales de las ciencias sociales que identificamos en este trabajo, el de individuo- sociedad y el de igualdad- diferencia. Respecto del primero señala Morin:

> Es, pues, de primera necesidad, no sólo rearticular individuo y sociedad (cosa que comenzó en ocasiones, aunque al precio del

> aplastamiento de una de las dos nociones en provecho de la otra), sino también efectuar la articulación reputada de imposible (peor, de "superada") entre la esfera biológica y la esfera antropo- social (Morin, 1977:22).

En cuanto al segundo, la complejidad implica también la rearticulación de lo complementario y lo antagónico, de *lo uno y lo diverso* (como bien lo entendía Marx y como lo propone Elias con su concepto de *figuración*), la conceptualización de lo concreto como la *unidad de la diversidad* (Morin, 1977 y 1944, García 2007)[12].

Ahora bien, ¿cómo avanzar hacia investigaciones multidimensionales y enfoques complejos? Consideramos que los aportes de García resultan fundamentales en este sentido. Este autor, a partir de su *Teoría de los sistemas complejos,* se propone brindar una metodología de trabajo interdisciplinario para abordar tales sistemas, así como un marco conceptual que lo fundamenta (García, 2007: 39). La *investigación interdisciplinaria* supone la conformación de un *equipo multidisciplinar* que, a partir de la interacción entre sus miembros define en forma conjunta la problemática de estudio, implicando además la elaboración de un marco conceptual común y de prácticas de investigación convergentes (2007: 33 y 67). Se produce en este proceso una tensión permanente entre especialización disciplinar e interdisciplina, ya que se trabaja también aquí con la *unidad de lo diverso*. Esto se da en un doble proceso que García denomina de *diferenciación* de una totalidad y de *reintegración conceptual enriquecida*, a partir de los hallazgos disciplinares y su interrelación (2007: 68). En sus propias palabras "Los objetivos de una investigación interdisciplinaria se logran a través del juego dialéctico en las fases de diferenciación e integración que tienen lugar en el proceso de definición y estudio de un sistema complejo" (2007: 101).

Otro elemento trabajado por García que resulta clave se vincula al problema del "recorte" de la problemática de estudio desde una perspectiva compleja, ya que dadas sus múltiples dimensiones e interrelaciones su estudio parecería inabarcable. Al respecto, sus principales aportes refieren a la *construcción* de un *sistema complejo*, en tanto "trozo de la realidad" que incluye aspectos físicos, biológicos, sociales, económicos y políticos (2007: 47), cuyos límites no están definidos, pero pueden definirse. El recorte implica tener muy en cuenta las *interacciones* entre el "afuera" y el "adentro" del sistema definido, así como las *escalas espaciales y temporales* que tomamos para su definición. Al respecto resulta fundamental la consideración de que *"dejar ´afuera´ de los límites del sistema no significa necesariamente dejar fuera de consideración"* (2007: 49). Así García propone el concepto de "condiciones de contorno o condiciones en los límites", es decir, el análisis de los diversos "flujos" que interactúan con el sistema.

---

[12] De todos modos, como advierte Morin, reconocer el carácter multidimensional de toda realidad, es decir, su complejidad, no es aspirar a la completud o totalidad del conocimiento, ya que hay que aceptar que no podemos escapar nunca a la incertidumbre y la "incompletud" (Morin, 1994: 101). Es quizás éste uno de los aportes más originales del paradigma en relación a enfoques previos sobre la totalidad, los sistemas, el holismo, etc.

Asimismo, queremos rescatar su concepto de "interdefinibilidad", el cual implica que los componentes de un sistema no son independientes sino que *se determinan y definen mutuamente* (2007: 49). Es interesante rescatar la convergencia de este enfoque con el concepto de *figuración*, en cuanto a su dimensión relacional y estructural. Veamos:

> La elección de los límites [de un sistema] debe realizarse en forma tal que aquello que se va a estudiar presente cierta forma de organización o estructura. Como la estructura está determinada, a su vez, por el conjunto de las relaciones, está claro que el sistema debe incluir aquellos elementos entre los cuales se han podido detectar las relaciones más significativas. Los otros elementos quedan "afuera". Las interrelaciones entre ellos y los elementos que quedan dentro determinan las condiciones de los límites (García 2007: 49).

Por ultimo, nos parece importante rescatar el señalamiento realizada por Morin y por García en su crítica epistemológica al paradigma científico dominante, sobre la necesidad de *visibilizar y contextuar* al "observador" o "analista". El mismo no constituye nunca un "mero observador" o un individuo "neutral". Por el contrario, el investigador es siempre un sujeto situado, histórico, espacial y cultural, con lo cual estos elementos deben reintroducirse en el análisis para dar cuenta del tipo de conocimiento o datos producidos. Esta perspectiva coincide claramente con las perspectivas antropológicas actuales, que plantean este punto a partir del concepto de "reflexividad" y conciben al trabajo de campo -ya sea a través de entrevistas o de la etnografía- como una *relación social*, en la cual el investigador es parte del tipo de conocimiento que produce, y por tanto debe considerar esta dimensión en su trabajo.

4. Conclusiones

Hemos intentado demostrar que la desigualdad social constituye un problema teórico complejo y que su estudio implica importantes consideraciones y desafíos. Lo es en la medida en que resulta un fenómeno multidimensional y multideterminado, y porque requiere un análisis histórico, contextual, situado, que involucra escalas temporales, socio-políticas y espaciales diversas e interrelacionadas. También porque se encuentra fuertemente atravesado por relaciones de poder y mediado culturalmente, y que además nos involucra, como investigadores y como actores sociales.

Por otra parte, también señalamos que, particularmente desde los años '70 y '80, se produjeron avances significativos en las diversas disciplinas sociales hacia enfoques más complejos e integrados. Identificamos algunos conceptos y enfoques que consideramos clave –especialmente en la obra de Norbert Elias- para avanzar en este sentido, y a su vez encontramos importantes convergencias de estos enfoques con el paradigma de la complejidad. Esta convergencia se funda en el acento puesto en los análisis *relacionales,* de entramados y redes interdependientes, que no dejan de lado la

historicidad, el poder y la constitución de las subjetividades, sino que por el contrario trabajan en base a estas cuestiones. Es decir, que nos permiten la articulación –evitando la disyunción- entre dimensiones de la vida humana, posibilitando pensar al mismo tiempo lo complementario y lo antagónico, lo uno y lo diverso.

Pero también señalamos que tales avances en las ciencias sociales no constituyen hasta la actualidad modos generalizados y sistemáticos de reflexión e investigación y menos aún que se haya avanzado lo suficiente en las herramientas concretas del trabajo interdisciplinario, abarcando las prácticas cotidianas de investigación. Asimismo consideramos que estos avances resultan hasta ahora, más o menos significativos, *al interior* de las ciencias sociales, mientras que, tal como lo afirma Morin, nos encontramos *lejos* de pensar las articulaciones de estos conocimientos *socio-antropológicos* con las dimensiones *físicas y biológicas* que componen la complejidad de la vida humana. Al respecto, y habiéndome formado al interior de las ciencias sociales[13], considero que existen fuertes resistencias desde las mismas para realizar estas articulaciones del pensamiento. Ello se explica a mi entender por la fuerte impronta que tuvieron, especialmente en su origen, los enfoques *reduccionistas* de la realidad social, ligados a la hegemonía de las "ciencias naturales" y que se tradujeron en enfoques *organiscistas y biologiscistas* y en una asimilación general de los métodos de investigación de estas ciencias. Tales "fantasmas" obstaculizan aún hoy una apertura hacia una articulación no reduccionista sino enriquecedora de la realidad social, tal como lo plantean García y Morin.

De todos modos, existen algunas aperturas importantes de lo social hacia las dimensiones físicas y biológicas, y considero que los trabajos de N. Elias son un puente fundamental al respecto y que el estudio de las desigualdades sociales constituye una oportunidad en este sentido. Por un lado, y ya a modo de interrogantes e hipótesis para futuras investigaciones, podemos preguntarnos si la "igualdad" -a partir de la cual pensamos la desigualdad y que por otra parte resulta un horizonte o ideal nunca posible- refiere de algún modo a un sustrato humano, en tanto especie: a pesar de las jerarquías y posiciones diferenciadas en la vida social, todos tenemos, cada día, hambre, cansancio, deseos y necesidades de diverso tipo. Esta dimensión biológica, y que se vincula a la relación del hombre con la naturaleza, escisión fundamental que estamos lejos de rearticular, es lo que de algún modo nos "iguala" e incluso desde ese horizonte, nos permite pensar y hablar de la "desigualdad".

De este modo, coincidimos con Morin en que la complejidad no es un "concepto solución" que viene a cerrar dilemas abiertos, sino que su desafío es la posibilidad de *"pensar complejamente como metodología de acción cotidiana"* (Morin, 1994), en un camino que se va haciendo al andar.

Finalmente y en virtud de las reflexiones realizadas, consideramos que el enfoque de la complejidad resulta un aporte muy significativo para avanzar en la comprensión de uno de los problemas más acuciantes de América Latina, y del mundo,

[13] Primero como Socióloga y actualmente en mi Doctorado en Ciencias Sociales.

como es la extrema desigualdad social que nos aqueja como sociedad, y amenaza nuestro medio ambiente e incluso nuestra especie.

Bibliografía

Altschuler, Bárbara (2008) "Freud y las ciencias sociales. Pensando el lazo social en las relaciones entre establecidos y marginados de Norbert Elias" trabajo para el doctorado IDES- UNGS. Inédito.

Altschuler, Bárbara (2008) "El pensamiento de Raymond Williams en el análisis de la Economía Social". Revista digital Prácticas de oficio, Investigación y Reflexión en ciencias Sociales, N° 3, IDES.

Barth, Fredrick (1976) *Los grupos étnicos y sus fronteras*. México, FCE.

Bourdieu, Pierre (1984) "Espacio social y génesis de las 'clases'" en Bourdieu, P.: *Sociología y cultura,* México, Grijalbo.

Bourdieu, Pierre (1979) *La distinción. Criterio y bases sociales del gusto*, Madrid, Taurus, 1988.

Brubaker, R. y Cooper, F. (2002) "Más allá de identidad", en *Apuntes de investigación* nº 7, Buenos Aires.

Cuche, Denys (1996) *La noción de cultura en las ciencias sociales*. Buenos Aires, Nueva Visión.

De Ipola, Eugenio (2005) *Intervención De Ipola*. Seminario Internacional en Psicoanálisis y Ciencias Sociales, FLACSO Argentina, Buenos Aires, mimeo.

Durkheim, Emile, (1895) *Las reglas del método sociológico*. Prometeo libros, 2003.

Elias, Norbert (1976) "Ensayo Teórico sobre las Relaciones entre Establecidos y Marginados", en Elias, Norbert: *La Civilización de los Padres y Otros Ensayos*, Bogotá, Norma, 1998.

Elias, N. (1982) *Sociología Fundamental*. Ed. Gedisa, Barcelona, 1999.

Elias, Norbert, (1998) *El proceso de la civilización. Investigaciones sociogenéticas y psicogenéticas*, México, Fondo de Cultura Económica.

Freud, Sigmund: (1921) "Psicología de las masas y análisis del Yo" en: *Obras Completas,* Amorrortu, Argentina.

Freud, Sigmund, (1930) "Malestar en la cultura" en: *Obras Completas,* Amorrortu, Argentina.

García, Rolando (2007) *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria.* Editorial Gedisa. Barcelona.

Giddens, A. (1996 (1979)): *La estructura de clases en las sociedades avanzadas,* Madrid, Alianza Editorial.

Grimson, A. y Semán, P. (2005) "Presentación: la cuestión cultura", en *Etnografías contemporáneas*. Año 1, N º 1. pp. 11-22. Buenos Aires, UNSAM.

Grimson, A. *et al.* (2008): "Naturalización y legitimación de las desigualdades sociales en la Argentina", UNSAM-PICT (proyecto de investigación).

Grimson, A. (2008) "Legitimación de la desigualdad social". Ponencia presentada al Congreso de la Latin American Studies Association (LASA) Río de Janeiro, Brasil.

Laclau, Ernesto (2005) *La razón populista*, Fondo de Cultura Económica de México.

Lamont, M. y Molnár, V. (2002) "The Study of boundaries in the Social Sciences". Annual review of Sociology, Nº 28.

Morin, Edgar (1994) *Introducción al pensamiento complejo*. Editorial Gedisa, Barcelona.

Morin, Edgar (1977) El Método. Tomo I: La naturaleza de la naturaleza. Multiversidad Mundo Real. Sitio Web oficial de Edgar Morin, Ediciones especiales sin costo.

Morin, Edgar (1984) *Ciencia con conciencia*. Editorial Anthropos, Barcelona.

Ortner, Sherry (2005) "Geertz, subjetividad y conciencia posmoderna", en *Etnografías contemporáneas*. Año 1, N º 1. pp. 25-54. Buenos Aires, UNSAM.

Reygadas, L. (2008): *La apropiación. Destejiendo las redes de la desigualdad*, Barcelona, Antropos.

Tilly, Charles (2002): *La desigualdad persistente*, Buenos Aires, Manantial.

Williams, Raymond (1977) *Marxismo y Literatura.* Barcelona, Ediciones Península, 1997.

CAPÍTULO X

Dioses fractales

Cultura de la Complejidad

Gabriel Weisz*

El problema a tratar gira en torno a una 'cosmogonía' en el México prehispánico, se intenta "imaginar" -apoyados en un conjunto de nociones sobre la complejidad, el caos y la fractalidad (entre otros elementos)- un ámbito que me parece se ha descrito de manera muy simplista y que según lo consideramos en este escrito, requiere del comportamiento altamente complejo de las matemáticas de la complejidad para crear un escenario en el que se pueda proyectar nuestro imaginario. Por otro lado una cosmogonía surge a partir de complicadas interacciones simbólicas entre los individuos de un grupo, su entorno ecológico y su entorno cultural. La cosmogonía sugiere lecturas complejas por las maneras en que 'explica' al mundo. Resta agregar que concebimos el 'imaginario' como un 'imaginario teórico' que nos parece menos invasivo que el terreno de la interpretación.

Hemos de concebir la complejidad como una forma de entablar comunicación con situaciones de desorden e indagar cómo es que se llega a una organización de esa complejidad. La complejidad en este sentido, así como los aspectos de un desorden y una organización se traducen al mundo o a las regiones narrativas de lo mítico. Abrimos con una reflexión sobre la complejidad dentro de una naturaleza cambiante. Como sabemos en esta epistemología de la complejidad participa lo casual, lo errático y lo irregular. Hay dentro de la naturaleza un comportamiento caótico que se escapa a las clásicas leyes de la predicción. Uno puede imaginar que aquello dotado de vida también contiene aspectos turbulentos. Prevalece una epistemología caótica que toma como sus objetos el desorden, la fluctuación y la turbulencia. Destaca el hecho que físicos, biólogos, astrónomos y economistas se acerquen a una modalidad de la investigación que se interesa por la irregularidad de las formas y comportamiento

* Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: patygabriel@hotmail.com

extraño de las sustancias. Una epistemología del caos se ocupa de las maravillosas y delicadas estructuras que subyacen en la complejidad. Nuestro asunto será proponer un acercamiento narrativo para estas epistemologías.

Cómo podemos meditar sobre las fuerzas ordenadoras y desorganizadoras en distintas estructuras. Nuestra labor consistirá en crear ciertas condiciones de lectura que incorporan la complejidad a un comentario sobre aspectos cosmogónicos de los dioses prehispánicos. Digamos que en base a lo que L. Séjourné notara respecto a la extraordinaria ciudad de Teotihuacan, en la que ésta probablemente atravesó por una destrucción cíclica con subsiguientes reconstrucciones, lo cual pudo corresponder a la imitación de un nuevo ciclo cósmico temporal (Séjourné en Solares 2007: 91). De aquí que podamos ubicarnos en esta instancia concreta en lo que denominamos un caos provocado. O sea, un caos que imita el modelo cósmico. Aquí en Teotihuacan "La Ciudad de los Dioses" se conjugan representaciones de un movimiento turbulento en los motivos de la flor, el pájaro, la serpiente, el tigre, el sol y el planeta Venus que el Tlahcuilo o pintor ha plasmado por todos lados, según testimonio de la propia Séjourné (1959:16). Sin embargo, recojo lo que Séjourné dejó como observación sobre las leyes a las que se sometió Teotihuacan en esa gran doctrina del movimiento y de la renovación que tanta importancia tuvo para la cosmogonía de Mesoamérica. Sin tomar las propuestas anteriores como una verdad absoluta, ni como objeto teórico que pueda servir para comprobar el ciclo cosmogónico, más bien se toma lo anterior como un relato sobre una posibilidad y no como prueba contundente. Vale la pena hablar de aspectos sobre el caos y la turbulencia en la composición divina de Teotihuacan, por un lado el Tlaloc dios de la lluvia y el rayo, luego Quetzalcóatl cuyas atribuciones ígneas y volcánicas son conocidas pues recordemos que en *La Leyenda de los Soles* destruye el mundo de Tlaloc con una lluvia de fuego. Para los aztecas la creación de *Nahui Ollin*, abarca el fin climático en la épica de creación, ello ocurre en Teotihuacan y estos eran los momentos míticos en los que todavía no había un sol. No olvidemos que la misma naturaleza de este terreno nos conduce a imágenes de caos y turbulencia, si no por otra cosa, ciertamente porque se trata de una región caracterizada por fenoménos telúricos muy intensos. Podemos sumar un tiempo cosmogónico donde se dan las creaciones "tiempo en el que por raptos, violaciones, quebrantamientos de castidad, muertes, luchas y desmembramiento de los dioses se fue dando origen a los seres que estarían en contacto más inmediato con los hombres, y a éstos mismos (López Austin 1980: 68). Impera en este escenario el caos y la turbulencia como base cosmogónica. Al asomarse a este mundo se perfilan factores de distanciamiento como el rapto, las luchas y la muerte, pero se ubica también en una representación conflictiva entre lo continuo y discontinuo, como una época de crisis, elementos que configuran los grandes factores de la diferencia y las polaridades. Este es un escenario de accidentes a todos los niveles donde el mundo de las diferencias atenta contra el criterio unitario de un universo en equilibrio. Y es a través de estos movimientos turbulentos que se dan las condiciones de complejidad. El gran cuadro de una pugna mítica nos habla de ritmos en conflicto que sugieren una maquinaria que escapa a toda regulación.

Por otro lado, la distribución cosmogónica en el mundo prehispánico brindaba el diseño de un gran orden, según este pensamiento la estructura consistía "en trece cielos y nueve capas para el inframundo. Cada una de éstas, estaba habitada por dioses y seres mitológicos" (Solares 2007: 93). Tal configuración constituía el principio organizador del caos originario, de manera que todo tomaba su lugar "las aguas terrestres y celestes, los rumbos horizontales del universo y verticalmente los diversos pisos del inframundo". De manera que ante una disposición vertical hay una horizontal, así también hay un ordenamiento de contrarios, esta tensión de fuerzas no sólo da cuenta del cosmos en movimiento sino que gobierna las creaciones y destrucciones (Solares 2007:93).

Revisemos el caso muy paradójico de la gran mancha roja de Júpiter, un óvulo que giraba y que nunca dejaba de hacerlo demostraba para muchos los 'síntomas' de la turbulencia. Este aspecto resulta fundamental para entender otro aspecto del relato complejo que nos ocupa en este trabajo. Philip Marcus un astrónomo y experto en matemáticas aplicadas que trabajó en la NASA describió el fenómeno de la gran mancha roja en estos términos: "Pueden ver esta mancha de gran escala, feliz como una almeja rodeada de un flujo a pequeña escala, y el flujo caótico que absorbe la energía como una esponja". Ante este escenario agregaba "pueden apreciarse pequeñas estructuras filamentosas en un mar de caos como trasfondo" (Marcus en Gleick 1987:55). Traslademos este modelo a una estructuración cosmogónica donde el espacio y los dioses actúan como esas pequeñas estructuras para crear un orden cósmico. Esto quiere decir que el modelo cosmogónico opera como un sistema que se auto regula para crear una situación que estabiliza el caos, tal como nos señala Gleick al explicar la mancha roja. Esta forma de estabilizar al caos también resulta notable en la organización del calendario o el Xiuhpohualli que constaba de 18 meses de 20 días, a los que se agregaban 5 días aciagos "considerados el fin y la destrucción de un periodo" (Solares 2007:94). Desde mi punto de vista la figura de turbulencia se agregaría a esos 5 días aciagos del calendario solar.

El próximo punto que visitamos en las teorías de la complejidad es el 'extraño'objeto descubierto por Mandelbrot y bautizado con el nombre de fractal. Con este término se proponía una manera de conjuntar, calcular y pensar formas irregulares y fragmentadas, y dentadas con curvas cristalinas como los copos de nieve o hasta discontínuas (Mandelbrot en Gleick 1987:114). Una de las características en la fractalidad se suscitaba entre dos conductas, una proclive a la regularidad y otra caótica que asimismo revelaba una relación entre grandes escalas a pequeñas escalas.

Como principios organizadores en la cosmogonía nahua, López Austin nos introduce a esa tensión de los opuestos que se presenta en Tamoanchan y Tlalocan, los dioses transitan por estas estructuras, uniendo los opuestos, lo frío con lo caliente con lo cual se consigue el principio que anima toda la creación. Pues, desde entonces, hombres, animales y cosas están habitados por la 'materia divina' en distintas proporciones y cualidades variables (López Austin en Solares 2007: 98).

Los dioses tienen entonces un comportamiento fractal por la manera que habitan las estructuras cósmicas y por su atributo como 'materia divina'que también habitan

hombres, animales y cosas, consiguiendo al mismo tiempo una relación entre la gran 'escala' divina y la pequeña escala de humanos, animales y cosas. Sin embargo, una visión todavía más elocuente es la de Cipactli la diosa telúrica, detrás de toda una concepción que estructura no sólo a los seres divinos sino también a los humanos está "la diosa original, acuática, caótica, monstruosa. La diosa es separada 'fractalmente' así surgió la tierra y el cielo. Así ambas partes de la diosa se mantienen separadas por postes (López Austin 1994: 18). Más aún se perfila el carácter fractal en tanto que los dioses de arriba y los de abajo eran fragmentos del cuerpo dividido de la diosa (López Austin 1994: 20). Esta fractalidad se importa al sacrificio humano, no sólo porque la persona sacrificada era una simulación del sacrificio de Cipactli sino que su cuerpo era parte y extensión de este primer drama cosmogónico. Un organismo fractal se presta a un escalamiento que implica "un grado de irregularidad y/o fragmentación que es idéntica en todas las escalas" (Mandelbrot 1983:1). Estos 'escalamientos' y cualidad de semejanza parecen operar en el paso de dioses a humanos endiosados; creando una homologación en todas las escalas tanto las ´divinas´como las ´humanas´.

Pero no hay que olvidar que en la *Leyenda de los soles* se relata el caso de un dios enfermo lleno de pústulas el que se arroja al fuego para convertirse en sol, podemos meditar sobre esa deformidad, ese alejamiento de la norma que significa la enfermedad ligada al gran sacrificio cosmogónico, se trata al fin de cuentas de un cuerpo divino desordenado por la enfermedad. Son ofrendas corporales que realiza el dios 'buboso' como lo identifica Sahagún. Estamos en el terreno de las anomalías que finalmente condicionan un ordenamiento.

Desde la perspectiva fractal se habla del fenómeno de morticidad. En cada escala, al asomarse a un remolino turbulento se presentan nuevas regiones de calma.Yo registro estos elementos de morticidad en esos elementos masculinos y femeninos que se entremezclan en la cerámica. Digamos pues que se provoca un equilibrio en una simbología de estas piezas cerámicas donde se representa el "fuego primigénico, ctónico, andrógino, como fruto y principio de diferenciación de la Diosa-mater-materia (Solares 2007:154). Observo en estas turbulencias simbólicas, visualmente hay una muerte de abundancia rítmica de elementos. En términos de la teoría de la complejidad a medida que van incorporándose diferentes ritmos se genera la turbulencia. Al trabajar con fluidos surgió la inquietud que indicaba la probabilidad que la turbulencia demostrara la acumulación de ritmos conflictivos en un fluido en movimiento (Gleick 1988:130).

Entre los olmecas está un elemento fluctuante y turbulento que es el jaguar el cual ejercía sus funciones en el universo que se extiende por el inframundo, la noche y los astros del firmamento. No habrá de olvidarse la naturaleza extraordinariamente errante del animal. De aquí yo volvería a insistir en toda una configuración rítmica de esta figura; es alternancia entre el cielo y el inframundo. Claro está que la ritmicidad en los fluidos llegaba a un estado turbulento pero de aquí nació la figura del atractor extraño. Se trata de un instante en el tiempo que se colapsa a un punto. Hay el comentario que la información de este sistema complejo almacena en el punto. Pero ese punto que puede fijarse puede puede atraer órbitas. El atractor extraño, ha

comprobado que es la predicción climática, pese a ciertos regímenes periódicos y determinables puede ocurrir un cambio aparentemente imprevisto y abrupto. Pero un atractor extraño observa una dinámica caótica. Imaginemos la posibilidad del espacio como una hoja de hule que puede doblarse y apretarse de aquí surge la posibilidad de costruir atractores extraños. El propósito del atractor extraño es encontrar las propiedades de una conducta caótica. Por otro lado el atractor extraño parecía fractal.

El jaguar puede leerse como un 'atractor extraño' que 'explicaría' los misterios del nacimiento y la fecundidad en la cultura olmeca. En el altiplano de México la imagen del jaguar se 'dobla', para significar cuevas se llamaba tepeyólotl 'el corazón de las montaña' como ojo de la noche es el símbolo de la muerte y el inframundo (Solares 2007:171). Al mismo tiempo dentro de la figura del Gran Nagual u *oceloquacuilli*, conocido como sacerdote jaguar, éste tenía dos conductas una benévola y otra maléfica. Era temido por sus poderes telúricos destructivos a través del granizo y la helada pero también deseado por propiciar la lluvia fecundante; a través de su mutación corporal en fiera provoca males y enfermedades. El Nagual se dobla en una conducta benévola o maléfica, en el jaguar y en los poderes telúricos; su conducta puede ser imprevista y abrupta pues causa males y enfermedades. Actúa sobre distintos planos el humano, el telúrico y el sobrenatural, de manera parecida el atractor extraño también se manifiesta en distintos planos y logra intersecciones. Aquí es como se manifiesta un 'trazo' cosmogónico.

Veamos pues como el jaguar se 'colapsa en un punto' para funcionar como centro telúrico y que se le asocian estados caóticos como los que suceden en las cuevas "escenario de experiencias extraordinarias y fuerte potencial de peligros tanto como de encantos o 'sustos'. El susto como un estado anímico caótico porque se pierde el control. Qué mayor atractor que el fuego, "el jaguar se asociaba (…) con el fuego: fuego cósmico portador del movimiento [o generador del mismo] y de la energía, fuego telúrico como el de los volcanes o quizá fuego sexual. En la iconografía olmeca el jaguar porta una antorcha (Solares 2007:172). Digo que el jaguar se comporta como atractor extraño porque le da forma o sentido cósmico a la "potencia destructiva, devoradora, amenazante" (Solares 2007: 172).

Resume la figura del jaguar las propiedades turbulentas y así es como las explica con su conducta cosmogónica que también se traduce en la energía sexual como fuerza caótica y bien concentrada en las zonas erógenas. Desde nuestras consideraciones planteamos que estas cosmogonías representan sistemas de conocimiento corporal y sus diferencias respecto a otros cuerpos y cosas. Todo lo cual conduce a una serie de relatos somáticos. Lo cual nos conduce a pensar el jaguar como un tropo que demanda ciertas configuraciones mentales, y por supuesto como una forma de conocimiento.En una investigación que se menciona sobre la conducta de los jaguares y que es citada por Solares, dos estudiosos del comportamiento de estos felinos Ibarra y Ojeda "señalan una impresionante frecuencia copulatoria, reportando alrededor de 38 cópulas por día" (Solares 2007:172). De tal manera se construye una metáfora simbólica "potencial sexual" de una conducta observable. Sin embargo, todo esto resulta difícil de comprobar, pero dejo el dato como un relato imaginario de un contexto simbólico.

La combinación entre jaguar y humano parece anunciar un desorden en el cuerpo humano causado por la interioridad del felino. En el orden de las grandes diferencias es que se manifiestan factores de turbulencia. Me pregunto si no estamos ante la presencia de una ontología mágica. Acaso somos los espectadores de una metáfora cosmogónica que rinda cuentas respecto a las transformaciones entre humano y felino. Es decir que se incluyen instrumentos tropológicos en una retórica de lo mágico. Pero el orden se restablece al momento en que la subjetividad humana se funde en la forma del jaguar y donde ocurre un intercambio de códigos culturales complejos. Desde una perspectiva que analoga lo humano con el devenir jaguar acontece una fuerza estabilizadora de los sistemas simbólicos. Recurro a las observaciones realizadas por Ann Cyphers, quien se ocupa de comentar la relación entre los monumentos y la cultura olmeca, subraya que la dimensión religiosa se marcaba por la presencia de deidades sobrenaturales que se asocian con atributos animales, hay un listado que incluye a los jaguares, los cocodrilos y las serpientes, entre otros animales. Cuando trabaja sobre la iconografía de los tronos olmecas, con frecuencia, señala la investigadora, figura en el nicho frontal una figura humana, que según indica, se "relaciona [con] el poder sobrenatural, con el liderazgo, legitimándolo y dándole un carácter divino" (Cyphers 1990-1994:17). Tenemos claro según la tesis anterior, el traslado de poderes entre lo mítico y el sistema de poder, como parte central en la visión cosmogónica de esta cultura pero al mismo tiempo como fuerza que estabiliza los sistemas simbólicos. Otros han insistido en esta cualidad dinástica en la figura del jaguar y cómo en la teogonía el gobernante y el jaguar formaban una compleja unidad mítica y política, regresando a un complejo simbólico que daba cuenta de los orígenes y del antepasado mítico (González Torres 2001: 128).

Desde otra óptica existe una discusión respecto a deformidades congénitas y el motivo del niño-jaguar. Como sabemos este motivo hace referencia al rostro redondo infantil y un ser-jaguar, mostrando una frente hendida, con una boca entreabierta en la que se distinguen unos colmillos. Según la hipótesis que revisamos esta figura pudiera explicarse por el interés de plasmar en distintas manifestaciones artísticas de Mesoamérica condiciones patológicas que pueden indicar defectos cerebrales y de medula espinal. Algunos investigadores que se citan como Dávalos Hurtado y Ortíz de Zárate pensaron que las figuras aludidas mostraban síntomas de acromegalia (o sea un conjunto de alteraciones con un crecimiento exagerado de huesos y partes blandas) lo cual conduce a justificar un acercamiento a ciertas patologías como parte del universo de representaciones. Por ello esta investigación se basa en las alteraciones del tubo neural para proponer un modelo de interpretación. Respecto a la hendidura que ya mencionamos, puede representar la fontanela del dios infante que se pensaba como asiento del alma, esto según Furst, quien se encuentra citado en este mismo trabajo. Como un intento para dilucidar todo esto el autor resuelve -a lo largo del estudio- el motivo cosmogónico como resultado del defecto en el desarrollo genético del tubo neural y el complejo de creencias que aluden al vínculo entre el chamán y el jaguar (Murdy 1981: 862). Podemos agregar a lo anterior que se mencionan defectos craneales que explicarían el cráneo hendido en toda esta teorización. Tomemos lo anterior como una ficción hermenéutica que intenta agregar factores de un

desordenamiento corporal. Lo curioso del caso es cómo puede plantearse una auténtica mitología positivista de lo patológico, basada en una suerte de 'monstruosidad corporal' que teje sus relatos para 'explicar' lo mitológico, conduciendo todo al mundo de una materialidad absoluta de lo mítico que pone de manifiesto las características de otras cosmogonías.

Gran parte de los descubrimientos de Mitchel Feigenbaum se basaban en cálculos sobre reversividad de funciones matemáticas y funciones de funciones, y así de manera progresiva. Esta observación lo condujo a detectar patrones que iban escalando. De manera que dedujo que esas funciones debían ser recursivas y hasta auto-referenciales "el comportamiento de una guiaba la conducta de otra [función] escondida en su inerior (Gleick 1988:179). Los mismos fractales que interesaron a Mandelbrot derivaban en comportamientos recursivos. También en los fractales ocurre el principio de auto-semenjanza a distintas escalas y analogamente en un principio que conduce a las réplicas. Cuando las matemáticas tomaban el segmento de un diseño fractal y lo aumentaban con un microscopio de computadora, se revelaban nuevas moléculas, cada cual semejando al patrón principal y sin embargo no completamente igual al mismo. O sea un patrón contenía, si resultaba debidamente magnificado copias en bruto de sí mismo, pequeños objetos semejantes a insectos flotando y proyectados del cuerpo principal (Mandelbrot en Gleick 1988: 228).

Encontramos un repertorio interesante de réplicas en el conjunto de citas que reune López Austin: En el mundo del hombre abundan las proyecciones isonómicas. El poblado es un microcosmos. El espacio doméstico es una imagen del universo. El altar doméstico representa y sintetiza los cuatro ángulos del plano terrestre. Todos los orificios, cavernas y fosas pueden generar nubes y lluvias, pues son réplicas de la casa del Dios del viento y del Dios de la lluvia. El templo Tepehua, el *lacachinchin*, con sus cajas donde se guardan los "espíritus de las semillas, viene a ser también una imagen, de menor categoría, del gran cerro que es depósito de las riquezas del mundo" (1994:128). Las 'funciones' cosmogónicas parecen no sólo a obedecer a un diseño recursivo sino someterse asimismo a una escala desde la proyección de poblado al microcosmos, el espacio doméstico como imagen del universo hasta las cajas en el templo Tepehua. Creo también se activa en todo lo planteado aquellos elementos de auto-semejanza que regula ese comportamiento de las réplicas. Las funciones matemáticas en esta condición de escalas y reversividad demostraban cómo tales funciones podían embonar en otra (Gleick 1988: 179). Revisemos en la condición de escalas y recursividad un poco más lo que López Austin desarrolla mediante la imagen de la réplica y la cita que hace de Galinier. Las imágenes, por tanto, no representan a los dioses, no son símbolos de los dioses: son vasos de esencia divina. Las formaciones pétreas tienen formas en las que se adivina el antepasado ("gigante" o "viejo" o "rico") que quedó encerrado en el momento de la salida original del Sol (Galinier en López Austin 1994:128). En este caso la auto-semejanza viene a 'explicitar' la carga de una energía luminosa con todo el contexto de sus poderes mágicos. Corresponde, el ejemplo anterior a 'esa función' escondida en el interior del objeto tan característica de

las estructuras fractales. En esta manera se dispone una configuración en la cual lo humano como conjunto de detalles queda relacionado con los detalles del orden divino.

Pensemos que se trata de aquella complejidad organizada, configurada como dice Morin por la complicación, que se concibe como un número increíble de interacciones…" (2004:3). En este caso tenemos las funciones recursivas, las proyecciones de las que se hablara en el contexto de las réplicas, la auto-semejanza de la deidad o función escondida en un objeto. En este conjunto se cumple 'ese número increíble de interacciones' que ponen de manifiesto las condiciones de esa complicación dentro de las cosmogonías. Siguiendo algunas propuestas de Morin, vemos esta complejidad como resultado de una serie de ramificaciones aleatorias, una sería el concepto de recursividad, otra es la escala de proyección y naturalmente cómo se desemboca en la auto-semejanza, en este caso estamos ante el universo complejo de la réplica.

Existen varios ejemplos en los que interviene la complejidad, pero uno especialmente notable es el que se refiere al equilibrio y desequilibrio, aspectos que se trasladaban a un concepto mítico del cuerpo, y que tenían su contexto en la naturaleza fría y caliente. López Austin alude al cansancio que era considerado de naturaleza caliente, "y que para combatirlo se ingería pulque y se comía" por lo cual deduce que el hambre era considerada caliente y tanto alimento como bebida alcohólica tenían una naturaleza fría (1980: 294). Cuando Morin medita sobre el proceso de retroacción, también conocido como *feedback* negativo y que tiene un efecto que hace bucle con la causa, en tal sentido es que argumenta que el efecto retroactúa sobre la causa. Para ilustrar el proceso observa que hay una "causa exterior [que] desencadena un efecto interior inverso de su efecto natural: el frío exterior provoca el calor interior" (2004:7). Estas analogías me sirven tan solo para proponer aspectos o 'conductas' de complejidad y no para resolver el cuerpo mítico en un esquema termodinámico. Veamos entonces estas traslaciones entre modelos como 'formas de pensar' distintos universos discursivos y no como 'formas de interpretar'. De manera que rescato partes de un relato como la retroacción y el contraste entre causa exterior e interior para reflexionar sobre la complejidad del cuerpo mítico. Nuevamente con Morin se plantean las características de una *recursión* organizacional, misma que puede considerarse como pieza clave para concebir la complejidad en aquella relación entre partes y todo. Estas características de *recursión* pueden importarse en la polaridad que organiza el cosmos. En la antigüedad prehispánica, López Austin nos traza un mundo dividido en dos mitades. Por un lado figura la mitad del "Padre, el Cielo, luminosa, vital, fecundante, caliente. La otra era la Madre, la Tierra, oscura, húmeda, origen de vientos y de lluvias, a un tiempo fecunda y sitio de la muerte". Las enfermedades y características de lo caliente y lo frío como partes del todo cósmico sugieren el paso de una *recursi*ón organizacional. Las interacciónes cósmicas son las que organizan todos los relatos que conciernen lo frío y lo caliente. Consideremos el diagnóstico al que llega el curandero que cita López Austin de la Antequera de Oaxaca "si al coger el pulso arde, que el hechizo es de hombre; y cuando está frío, es de mujer" (1980:307).

Si en un aspecto de la fractalidad se trata de empacar la mayor superficie en un volumen muy pequeño. "El resultado es una estructura fractal con una dimensión fraccionada constante" (Briggs y Peat 1990:105). López Austin habla de una disgregación o sea un proceso que sucede al morir la persona y donde "los distintos componentes del cuerpo se disgregan" (1980: 361). Es en el *Códice Laud* que figura esta escena: "un cuerpo muerto del que se separan cuatro figuras serpentiformes". Una de las serpientes, de acuerdo con López Austin es el *tonalli*: otra que sale del brazo de Ehécatl corresponde al *teyolía*; otra más sale del vientre y probablemente corresponda al *ihíyotl*. Explica este autor que existen ciertas correspondencias entre el espíritu y el *teyolía*, la sombra con el *tonalli* y el aire de la noche con el *ihíyotl* (1980: 361). De acuerdo con lo anterior tenemos una fractalidad particular al fenómeno de disgregación pues el cuerpo 'empacado' resulta disgregado en distintos componentes.

En otro aspecto de complejidad cultural registramos lo que sucede con el nagual; o sea, ese transfigurador sobrenatural que puede adoptar formas animales u otras. Habrá de verse el caso del nagual como dos sistemas de organización corporal, si al animal que encarna el nagual se le golpea, entonces el transformista muestra en su cuerpo los magullamientos y esquimosis (Beltrán 1973:102). Hay pues un doble relato contra el cuerpo que se manifiesta tanto en el cuerpo del animal como en el del transformista. Se puede implicar que una parte material del animal está en el nagual. Hay un principio recursivo lo que le pasa a un cuerpo le sucede a otro. Pero a un nivel distinto de complejidad veamos el caso de los graniceros, o sea, aquellos expertos en climas mágicos y que entablan contacto con sertes sagrados que se conocen como 'trabajadores del tiempo' estos seres se comunican con los graniceros. A través de los poderes sobrenaturales que tienen estos seres, los graniceros están en posibilidad de controlar tormentas y granizadas (Garza 1990: 112). Consideremos que los graniceros pueden manejar distintos estados de turbulencia. Se podría asegurar que son aquellos que pueden actuar sobre sistemas móviles y que pueden modificar los flujos y operar sobre sistemas climáticos para organizarlos y regularlos. Esto quiere decir que se tornan en trabajadores que se ocupan de la complejidad y de los sistemas de desorganización climática. Uno de los graniceros relata cómo es herido por un rayo, luego alcanzó a ver pequeños seres que lo llamaban, perdió el apetito y cayó enfermo, no pudo moverse más y padeció esta condición por tres años. Durante todo este tiempo los trabajadores del tiempo lo instruyeron. Progresivamente aprendió a controlar las fuerzas telúricas, pero posteriormente también conoció el manejo de yerbas y distintas artes de curación (Garza 1990: 113). Destaca en este testimonio el cuerpo enfermo, su desorganización no sólo por la enfermedad sino por el impacto del rayo y la forma en que aprende a curarse y a reorganizar su cuerpo. Arribamos entonces a lo que en teoría de la complejidad se denomina una estabilidad organizacional. Digamos que el granicero experimenta una autoproducción o sea, que debe 'sentir el clima' de manera que pueda constituirse una ontología mágica, misma que propicia la regulación de otros cuerpos con sus artes de curación y el control de las fuerzas telúricas para maniobrar la gran maquinaria climática. Sobre este aspecto de la complejidad dice

Morin: "hay una irreversibilidad de un flujo energético y la posibilidad de organización por regulación y sobretodo por recursión, es decir, autoproducción de sí" (2004: 5). Si la primera parte, que corresponde al rayo representa el flujo energético, el rayo es regulado en el cuerpo del granicero, así como otras fuerzas telúricas mediante instrumentos sobrenaturales que nos recuerdan los aspectos de regulación y recursión, lo cual culmina en esa autoproducción del clima en el granicero y que tiene consecuencias respecto a sus poderes sobre el clima. En otra sección más Morin alude a un tetragrama que se presenta en esta serie: orden-desorden-interacciones-organización (2004: 7). Del cuerpo organizado del granicero, se pasa al desorden causado por el rayo; le siguen una serie de interacciones con fuerzas naturales y sobrenaturales, y todo el conjunto se resuelve como una organización que está ahora en las manos del granicero.

Este bosquejo por la complejidad nos debe poner en una situación de gran cautela al intentar la simplificación de otros sistemas de conocimiento. Este texto constituye un recorrido imaginario pero al mismo tiempo me parece que podemos distinguir que estamos ante formaciones mentales que bien pueden hacer eco a distintas teorías sobre la complejidad. Si nosotros queremos emplear la complejidad para describir la manera en que concebimos nuestros mundos, no puede ser menos compleja la visión que los pueblos prehispánicos y otros sistemas de creencia más contemporáneos, tuvieron y tienen sobre los suyos. Esto no quiere decir que toda complejidad es la misma, ni que este texto intente construir un modelo de complejidad, del cual luego puedan derivarse leyes para aplicarlas a fenómenos cosmogónicos, me basta pensar que se trata de una narrativa teórica que intenta imaginar complejidades. Tampoco intenté construir una nomenclatura sino más bien una narrativa que libere el terreno de las ideas cerradas para proponer un universo en que las ideas puedan dialogar sin crear jerarquías entre ideas racionales y las que no lo son; las nomenclaturas aspiran a una absoluta objetividad a una confianza en su presencia dentro del terreno conceptual. Me percato que el resultado de un escrito con estas características es altamente especulativo, pertenece al rango de las utopías teóricas.

Bibliografía

Beltrán, Gonzalo Aguirre. 1973. *Medicina y Magia: El proceso de aculturación en la estructura colonial.* Serie de Antropología Social. México: Instituto Nacional Indigenista. SEP.

Briggs, John y F. David Peat. 1990. *Turbulent Mirror: An Illustrated Guide To Chaos. Theory and the Science of Wholeness*. Nueva York: Harper & Row.

Cyphers, Ann. 1990-1994. *Descifrando los misterios de la cultura Olmeca. Una exposición Museográfica de los resultados del Proyecto Arqueológico San Lorenzo Tenochtitlán 1990-1994.* México: Universidad Nacional Autónoma de México. Dirección General de Asuntos del Personal Académico e Instituto de Investigaciones Antropológicas.

Gleick, James. 1987. *Chaos: Making a New Science*. Nueva York y Londres: Penguin.

López-Austin, Alfredo. 1994. *Tamoanchan y Tlalocan*. Sección de Obras de Antropología. México: Fondo de Cultura Económica.

López-Austin, Alfredo. 1980. *Cuerpo humano e ideología: Las concepciones de los antiguos nahuas*.Vol.1. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Mandelbrot, Benoit. 1983. *The Fractal Geometry of Nature*. Nueva York: Freeman.

Mercedes de la Garza. 1990. *Sueño y alucinación en el mundo náhuatl y maya*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Morin, Edgar. *La epistemología de la complejidad*, 2004. Gazeta de Antropología, No.20, texto 20-02. Disponible en http://w2004ww.ugr.es/pwlac/G2002Edgar_Morin.html.

Murdy, Carson N. *Congenital Deformities and the Olmec Were-Jaguar Motif,* 1981 [citado 22/09/2009] *American Antiquity*, Vol. 46. Publicado por Society para American Archeology. Disponible en http://www.jstor.org/stable/280112.

Séjourné, Laurette. 1959. *Un palacio en la ciudad de los dioses [Teotihuacán]*. México Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Solares, Blanca. 2007. *Madre terrible: La Diosa en la religión del México Antiguo*. Barcelona: Anthropos.

Torres, González Yolotl. 2001 *Animales y plantas en la cosmovisión mesoamericana*. México: Plaza y Valdes, CONACULTA e INAH.

CAPÍTULO XI

El paradigma de simplicidad y la evidencia científica en medicina

Jorge Daniel García Salman*

1. Introducción

La Medicina Basada en la Evidencia (MBE) surge y se extiende como resultado de un conjunto de factores, entre los que se encuentra el incremento exponencial de la información científica disponible para los médicos asistenciales, la confluencia de múltiples y variadas alternativas de tratamiento ante diversas enfermedades y la necesidad de los médicos y las instituciones de salud para enfrentar reclamos y demandas judiciales ante supuestas o reales acciones iatrogénicas o relativas a la mala praxis en Medicina. La MBE consiste en el establecimiento de una política de gestión del conocimiento dirigida a la toma de las mejores decisiones disponibles en cada caso, respecto al manejo de las enfermedades, especialmente a la eficacia y la seguridad de los medicamentos. La MBE se ha convertido en una herramienta indispensable para la toma de decisiones, no solo de los médicos asistenciales sino también de la administración de salud y de los organismos regulatorios encargados de aprobar o rechazar drogas y otros medios de diagnóstico o terapéuticos sometidos al proceso de investigación-desarrollo, así como de los órganos internacionales de patente y las empresas productoras y comercializadoras (Casas 2007).

La avalancha de investigaciones dirigidas al desarrollo de nuevos agentes terapéuticos ha hecho necesaria la discriminación entre diferentes niveles de evidencia relativos a la calidad de los diseños de investigación, los objetivos de dichos diseños, el grado de desarrollo del proceso en cada caso y la interpretación de los resultados más allá del marco en que los autores los obtuvieron. En la actualidad, el nivel más alto de evidencia lo constituyen los ensayos clínicos controlados (ECC), específicamente las revisiones sistemáticas y los metanálisis de estos ensayos clínicos, debido a que los

* Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional, jorgedaniel.garcia@infomed.sld.cu

ECC permiten establecer las mejores relaciones de causalidad posibles entre la intervención realizada y los resultados obtenidos. La presencia de al menos un grupo paralelo de pacientes que reciba un tratamiento de efectos conocidos o previsibles, permite establecer una comparación entre grupos que esclarezca objetivamente si dicha intervención tuvo o no efectos y si estos efectos pueden ser atribuibles a dicha intervención de manera inequívoca (Laporte 1997).

Los ECC reconocidos por las bases de datos bibliográficas como portadores del mayor nivel de evidencia son aquellos que reúnen las condiciones de ser aleatorizados, contrastados contra placebo y enmascarados a doble ciegas. La aleatorización permite la asignación al azar de cada paciente a cualquiera de los grupos sin otro criterio preestablecido, lo cual hace a los grupos equivalentes, y a la muestra, probabilística respecto al universo de pacientes con esa enfermedad. El grupo placebo recibe un tratamiento equivalente al grupo tratado, pero sin el principio activo, con la intención de eliminar los sesgos debidos a la vía de administración, a la influencia de otros acompañantes del tratamiento y a los efectos psicológicos posibles, relativos al saber ser objeto de una intervención médica supuestamente efectiva. Esto requiere que el paciente no sepa si está recibiendo el tratamiento o el placebo (simple ciego). De manera adicional, los diagnosticadores no deben conocer a qué grupo fueron asignados los pacientes ni qué tratamiento está recibiendo cada uno (doble ciego), para evitar cualquier sesgo por conflicto de intereses, aun los inconcientes (Lazcano-Ponce 2006).

Un agente terapéutico que haya sido ensayado en un estudio multicéntrico –que puede involucrar a cientos de pacientes- que haya cumplido con los requisitos metodológicos mencionados, así como con los criterios de seguridad y de eficacia propuestos en el diseño y aprobados por las agencias oficiales de ensayos clínicos, tiene las mayores probabilidades de ser registrado como fármaco de elección para una enfermedad dada, divulgado como tal por la literatura especializada, incluido en las guías de buenas prácticas clínicas locales como alternativa terapéutica eficaz y segura contra dicha enfermedad y recomendado para su uso por los médicos asistenciales.

Sin embargo, la disminución de la eficacia de los antibióticos, el resurgimiento de enfermedades que se suponía controladas y la retirada del mercado de fármacos por presentar un balance riesgo-beneficio o costo-beneficio marginal, nulo o incluso negativo a pesar de haber cumplido cabalmente con los criterios de eficacia y seguridad en los ECC, permiten cuestionar las recomendaciones de la MBE en esos casos y poner en duda otros asertos. El reconocimiento de esta realidad ha dado lugar a la refinación cada vez mayor de la metodología de los ECC con vista a eliminar cualquier sesgo adicional que pudiera comprometer la interpretación de los resultados. Esta refinación ha tenido como resultado un incremento de los costos que no se ha visto compensado por un mejoramiento correlativo de la situación de salud de las poblaciones. Más bien las tasas de incidencia y prevalencia de muchas enfermedades, algunas de ellas de curso irreversible, continúan su tendencia ascendente (OMS 2009).

Se puede pensar que el conocimiento humano tiene un carácter histórico concreto, que la continua sustitución de fármacos no es más que una aproximación cada vez más certera a la solución de los problemas de salud y que toda obra humana

lleva implícita su correspondiente error. En una situación como esta se suele hacer un análisis minucioso para determinar dónde está el error, cuáles de nuestros conocimientos son aun insuficientes o cómo podríamos proveernos de más y mejores datos. Pero en este caso, a juicio del autor antes es preciso subir a echar un vistazo desde arriba, aprehender el problema como un todo para después encaminarnos a la respuesta de *qué* estamos tratando, *cómo es* aquello que estamos tratando, *qué podemos hacer* para tratarlo y *cómo lo pudiéramos hacer*, para cubrir los niveles ontológico, gnoseológico, epistemológico y metodológico, respectivamente, del problema. No se trata ya de refinar la metodología, sino de revisar el paradigma conceptual que lo sustenta.

El surgimiento de lo que se ha dado en llamar *ciencias de la complejidad*, *pensamiento de la complejidad* o *teorías de la complejidad*, como resultado del hallazgo de que al menos una parte de la realidad no puede ser comprendida ni explicada con las herramientas cognitivas y metodológicas de la ciencia contemporánea, hace pensar que algunos de los conocimientos que suponemos ciertos puedan en realidad ser de otra manera (Mateos 2005, Delgado 2007). Lo que aparece más claro ante nuestra vista, es que el ser humano, ante la necesidad de explicarse el mundo, lo ha ido simplificando hasta despojarlo de su verdadero contexto original, con lo cual corre el riesgo de hacer interpretaciones simples de una realidad compleja, y así llegar a conclusiones mutiladas pero verosímiles de acuerdo con el paradigma establecido. Posiblemente este sea el caso de la disparidad entre los recursos dispensados y los índices de salud actuales.

No debe perderse de vista que la medicina experimental parte de una serie de presupuestos teóricos tales como la estandarización de los sujetos enrolados en el ensayo, la homogenización de los efectos terapéuticos esperados para un agente ensayado y la jerarquización de un mínimo de variables –frecuentemente una sola- representativas del cambio esperado en el ensayo. Estos presupuestos son mayormente de naturaleza reduccionista, y parten de la aplicación estricta de los principios de la biomedicina sobre el contexto más amplio de la salud humana. Supeditar las decisiones en política de salud a un proceso de gestión del conocimiento permeado por tal paradigma de simplicidad, ya sea en la relación directa médico-paciente como en los organismos internacionales de salud, no sólo es inadecuado, sino también potencialmente peligroso. Invocar al ECC como el *súmmum* del rigor científico y por tanto del paradigma de cientificidad puede resultar contraproducente en la práctica. Pretendemos demostrar, a continuación, el por qué.

Nuestro objetivo sería entonces hacer un replanteamiento del problema de la evidencia científica desde un prisma cosmovisivo diferente, el de la Complejidad, tomando como punto de partida aquella actividad humana -para muchos la más humana de todas- donde el hombre es a la vez objeto y sujeto del conocimiento: la Medicina.

2. Los ensayos clínicos controlados: paradigma de… ¿oro?

2.1. Salud y enfermedad

El concepto de salud enunciado por la Organización Mundial de la Salud desde 1947 ha sufrido algunas críticas y ligeros cambios sin haber perdido aun su sentido original: *salud es un estado de bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de enfermedades* (Barreras 1991).

Por una parte, el definir la salud como *un estado de bienestar* le confiere a esta un sentido eminentemente subjetivo: aunque todo el mundo sabe lo que significa sentirse bien, el bienestar no suele medirse en magnitudes físicas. No existen, hasta hoy, *unidades* de bienestar. En el aspecto mental los criterios de bienestar suelen ser más diversos y difíciles de definir, ya que la misma realidad suele ser percibida de forma diferente por cada persona. La 1ra Conferencia Internacional sobre Promoción de Salud, planteó que las condiciones fundamentales y recursos para la salud son la paz, la vivienda, la alimentación, la educación, el ingreso, el ecosistema estable, la conservación de los recursos, la justicia social y la equidad (Carta de Ottawa 1986). Resulta sumamente difícil establecer aún para cada condición aislada desde dónde o hasta dónde una persona en específico puede considerarse saludable o en una condición de bienestar.

Por otra parte, el concepto define lo que no es: *la ausencia de enfermedades*. El concepto de enfermedad ha evolucionado y se ha dicotomizado mucho a lo largo de la historia. Han surgido algunos conceptos, sustentados por argumentaciones razonables y válidas, acordes a una concepción materialista y dialéctica del mundo, que permiten definir *enfermedad* tanto desde un punto de vista médico, como desde un punto de vista biológico. Los primeros hablarían del establecimiento de un conjunto de manifestaciones semiológicas que concuerdan con un patrón histórico dado, caracterizable y más o menos diferenciable de otros patrones (Lorenzano 1994). El segundo punto de vista se encuentra asociado a los conceptos de homeostasis y adaptación, donde un individuo de cualquier especie se enfrenta a la influencia de estímulos externos transformando sus procesos fisiológicos y adaptándose a una nueva condición que puede ser compatible o no con el mantenimiento del medio interno (Laurel 1994). En la práctica médica encontramos que ambos tipos de definición convergen en el punto en que las modificaciones acaecidas permiten un diagnóstico, es decir, que los cambios han rebasado el umbral entre lo subclínico y lo clínico. Por lo tanto, reducir al ser humano a su aspecto biológico permite establecer límites de normal o patológico para cada uno de sus parámetros morfológicos o fisiológicos, que sí son medibles. Esto conduce a que el valor del parámetro determine su pertenencia al rango normal o patológico, y por consiguiente, determine el estado de *salud* o *enfermedad* del individuo, que fue precisamente lo que el organismo internacional pretendió trascender.

La percepción individual de bienestar puede coincidir con valores alterados de algunos parámetros morfológicos y fisiológicos o viceversa. La razón fundamental es

especialmente evidente en las enfermedades crónicas: los cambios internos se producen paulatinamente, en un marco temporal considerable y son compensados continuamente por ajustes del sistema como un todo. La percepción de estos cambios acontece cuando la capacidad compensatoria del organismo es rebasada por la cualidad y la intensidad de dichos cambios; generalmente cuando se desarrollan lazos de retroalimentación positiva que desplazan el equilibrio hacia un sentido patológico de acuerdo con una tendencia exponencial (Capra 1982). Como ejemplos, puede citarse el de la enfermedad de Parkinson, donde el patrón semiológico característico aparece cuando la degeneración neuronal de la *substantia nigra* ha alcanzado alrededor de un 70%, el de la isquemia del miocardio, que debuta cuando las placas ateromatosas han reducido la luz de las arterias coronarias en un 80%, y el del cáncer, que cuando es observable por medios radiológicos ya suele haber superado la capacidad fagocítica y citotóxica del sistema inmunitario. El caso inverso ocurre cuando los estados psíquicos desfavorables como la depresión, la pobre autoestima y las emociones negativas, así como la carencia o exceso de nutrientes, el sedentarismo, el estrés crónico y las malas relaciones sociales desencadenan una pérdida de bienestar que no aparece reflejada en forma de resultados patológicos de exámenes de laboratorio. El carácter biopsicosocial del ser humano, no como suma de tres aspectos sino como unidad inextricable de todos ellos, impide reducir la salud al aspecto biológico sin mutilar cualquier resultado emanado de tal reducción. El principio dialógico de la Complejidad permite conceptualizar el par salud-enfermedad como un proceso continuo, dinámico y multifactorial, con dos situaciones extremas: un estado de salud ideal y la muerte. Cobra entonces un sentido práctico la expresión *aparentemente sano* y también en consecuencia, la de *aparentemente enfermo*.

2.2. Terapéutica en el paradigma de simplicidad

La terapéutica se ha basado históricamente en la intervención sobre personas enfermas para promover el restablecimiento de la salud. Una terapéutica racional, basada en la enfermedad como desviación de parámetros hacia el rango patológico, consistiría en la administración de un agente terapéutico que induzca el restablecimiento de los valores normales de los parámetros desviados. De acuerdo con las propiedades de autoorganización de los seres vivos, y de forma congruente con el concepto biológico de enfermedad, la desviación de los valores de los parámetros hacia un rango patológico corresponde con una respuesta adaptativa compensatoria. Sería preciso entonces delimitar qué parámetros sería útil rectificar, o determinar qué acción terapéutica tendría un efecto compensatorio adicional a la respuesta adaptativa natural del individuo enfermo (García-Salman 2004). El desarrollo de fármacos dirigidos a bloquear o inhibir los factores y procesos que conforman el cuadro patológico descrito para cada enfermedad, puede no satisfacer las expectativas de la clínica. Sin embargo, sería útil tener en cuenta que, al menos en la terapéutica basada en la administración de fármacos, la adición de un agente externo a una totalidad autoorganizada como el ser humano debe inducir, además de los cambios esperados, otros derivados de la

interacción de la sustancia con otros componentes y procesos de dicha totalidad (Sannita 2006).

La morfología característica de la curva dosis-efecto en un sistema biológico, ya sea un organismo, un cultivo de microorganismos, un órgano aislado o un fragmento de órgano, no es lineal sino sigmoidal. La primera etapa de la curva corresponde con una fase de latencia entre la administración paulatina del fármaco y la aparición de una respuesta pequeña o prácticamente nula. Ello se traduce en la resistencia al cambio ante el incremento de la dosis debido a la ocurrencia de procesos de autoorganización, amortiguadores o tampones, por así decirlo. Ante incrementos subsiguientes de la dosis se llega a producir un incremento abrupto de la respuesta, indicativo de un cambio de estado. Un incremento aun mayor de la dosis no suele modificar mayormente la respuesta, lo cual indica que se ha producido una adaptación del sistema a la nueva condición, que vuelve a hacerse resistente al cambio. La similitud de este comportamiento en diferentes niveles jerárquicos de organización de la materia viva, es una manifestación del principio hologramático de la Complejidad en los sistemas biológicos, donde cada uno de ellos se comporta como totalidad autoorganizada que sigue una dinámica no lineal ante los cambios impuestos por su entorno.

Es preciso destacar que la necesidad de alcanzar una dosis suficiente para obtener una respuesta impone la ocurrencia de un cambio en todo el sistema, o sea, que dicha dosis ha inducido otras respuestas, además de la esperada, en aras de vencer –desde el punto de vista del investigador- la resistencia del sistema. Por esta razón las dosis terapéuticas provocan de manera general efectos secundarios que pueden ser potencialmente adversos, aun cuando en la práctica médica el balance riesgo-beneficio resulte positivo.

¿Qué relación tienen estas consideraciones con los ECC? Primeramente, los ECC se fundamentan en la verificación de una hipótesis que dilucide si un agente terapéutico es seguro y eficaz como tratamiento de una enfermedad dada. El terreno donde se verificará dicha hipótesis, la unidad experimental, es el paciente que padece la enfermedad, una entidad concreta que porta una entidad abstracta que es la que se trata de combatir. La entidad abstracta es común, sin embargo la historia natural del paciente y su enfermedad, su edad, pertenencia a un género, comorbilidad con otras enfermedades, estado actual de la enfermedad, sin hablar ya de sus particularidades psíquicas, estado anímico y calidad de su vida de relaciones, lo hacen único e irrepetible, como ha sido dicho con justeza (Moreno 2005). Este carácter singular del paciente es precisamente el que impide hacer una predicción certera de su evolución, ya que además de que su caracterización exhaustiva sería impracticable, como sistema complejo lleva dentro de sí un margen de imprevisibilidad. La forma de llegar al pronóstico médico, es a través del estudio del comportamiento de un grupo de pacientes ante una condición impuesta. El problema radica en la extrapolación de un diagnóstico basado en la desviación de parámetros en un paciente, a la muestra sometida a un ensayo clínico y de esta, a la población de donde fue obtenida la muestra. Esto implica un rango de dispersión muy grande con vista a satisfacer los requerimientos de la Estadística inferencial, lo cual obliga a: 1) incrementar

considerablemente el tamaño de la muestra, 2) tomar del universo de pacientes con la enfermedad, la muestra más homogénea posible.

La primera de las medidas tiene un límite impuesto por el costo que implicaría enrolar un número suficientemente grande de pacientes. De hecho, ese es el fundamento principal del muestreo en Estadística. La segunda, implica introducir criterios de inclusión y exclusión que disminuyan la variabilidad de los estados iniciales, de los pronósticos individuales y de las respuestas a obtener. El establecimiento de criterios de inclusión y exclusión demasiado rígidos puede disminuir la variabilidad de las respuestas, pero también puede reducir la magnitud de la inferencia hacia toda la población, una vez que los resultados hayan sido interpretados (Laporte 1997). Sin embargo, se sabe que en sistemas no lineales, aun con diferencias mínimas en las condiciones iniciales, la diferencia en la evolución puede ser muy grande (Mateos 2005).

Una variación suficientemente grande de las respuestas, esperable ante la incorporación de unidades experimentales tan heterogéneas, hace que la diferencia entre el grupo experimental y el grupo control sea muy pequeña, cuando menos nula. Por lo regular, en ambos grupos aparece una evolución positiva en una parte de los pacientes, en otros no hay una evolución apreciable mientras que otros pueden empeorar. Los protocolos están diseñados para comprobar si existe o no diferencia en la respuesta de ambos grupos, no en la caracterización de los pacientes de acuerdo con su respuesta. Este último enfoque, llevado a cabo con la metodología adecuada, respondería a la pregunta de *en qué pacientes* la intervención dada permite obtener el éxito o el fracaso más consistente, lo cual debiera aportar una información valiosa en el conocimiento de la dinámica de la enfermedad y su pronóstico en pacientes concretos.

Clasificar a los pacientes de acuerdo con la desviación de sus parámetros en sanos o portadores de una enfermedad dada es una condición general para los criterios de inclusión en un ECC. Como los umbrales que definen el estado de salud o de enfermedad están definidos por puntos de corte prefijados y estandarizados, se produce aquí un *sesgo de clasificación*, al ignorar que diferentes pacientes pueden tener diferentes puntos de corte para cada parámetro y estar por lo tanto más cerca o más lejos del patrón semiológico que caracteriza la enfermedad.

Por su parte, la *eficacia terapéutica* y la *seguridad* son categorías separadas e independientes, establecidas incluso en etapas diferentes del ECC. En la realidad, lo que se obtiene de cada paciente es un *patrón de respuestas*, que contienen la información necesaria para dar respuesta a las hipótesis de eficacia y seguridad. El análisis del patrón de respuestas en cada paciente permitiría arribar a conclusiones sobre su estado general de salud y proporcionar datos valiosos para posteriores generalizaciones que incrementarán la capacidad de pronóstico. Por lo tanto, la respuesta esperada (terapéutica) no debiera ser manejada de forma aislada del resto de las respuestas (colaterales) porque todas ellas fueron el resultado de cambios inducidos en el mismo sistema (el paciente).

2.3. La modelación de una realidad compleja en la generación de evidencias

El mayor de los problemas referentes a los ECC radica en la inevitable distancia que se crea entre un modelo de la realidad y la realidad como tal. Con el objetivo de reproducir el fenómeno en condiciones controladas –simplificándolo y por tanto despojándolo de su contexto original- se produce un alejamiento correlativo entre el investigador y el objeto de estudio real. La necesidad de aproximarse a la esencia de un fenómeno con el objetivo de despejar incógnitas y contribuir al conocimiento es necesaria y deseable aún considerando este alejamiento. El problema surge cuando no existe una clara delimitación conceptual entre el objeto modelado y el objeto real; cuando creemos que ambos son equivalentes.

La necesidad de que la experimentación con seres humanos tenga como prerrequisito el cumplimiento de normas éticas ineludibles, complica aún más la capacidad heurística de los ECC, al resultar obligatorio que los pacientes tengan, si no toda, al menos una parte de la información. Un proceso ante el cual un paciente enfermo sabe que va a ser sometido, aún con su aprobación, donde será asignado al azar por terceros a un grupo experimental donde no sabe si va a recibir un tratamiento reconocido como eficaz u otro desconocido, incluso sin principio activo alguno, evidentemente no es igual al de una consulta, donde se someterá a un examen después del cual recibirá un diagnóstico y un tratamiento en el cual su médico asistencial confía y le prescribe. La razón fundamental de esta distancia radica en la consideración simplista de que la intervención sobre el paciente y el paciente mismo se encuentran en compartimentos diferentes del sistema; cuando se considera que el paciente no participa del proceso de tratamiento (Patterson 2009).

Como dijimos con anterioridad, en la Medicina el ser humano es a la vez sujeto y objeto del conocimiento. De acuerdo con la relación dialógica entre investigador y objeto de estudio, no es posible una relación puramente objetiva del proceso cognitivo, ya que por una parte el investigador introduce en el proceso una componente de subjetividad ineludible y por otra, el investigador cambia por sí mismo en la dinámica del proceso de conocimiento. En la relación médico-paciente, el objeto investigado establece una relación más o menos activa con el investigador, aportando información, interrogantes y expectativas durante el proceso, y también cambiando en su dinámica. Estos cambios suelen ejercer una influencia en el proceso de curación, más allá de las propiedades terapéuticas del agente prescrito (Ahn 2010).

Se ha hablado mucho sobre el efecto placebo, que por una parte conspira contra la obtención de información objetiva e inequívoca de que los efectos esperados se deben al agente objeto de estudio (Laporte 1997; Lazcano-Santos 2004), y por otra, puede tener un efecto terapéutico por sí mismo, como ha sido demostrado. La existencia del efecto placebo es una evidencia de la participación activa del paciente –ya no tan paciente- en el proceso de curación, pero crea un ruido de fondo en la demostración de diferencias entre el grupo tratado y su control (Benedetti 2005). El efecto placebo está relacionado con otro fenómeno no tan conocido, inherente a la generación de evidencia mediante los ECC: la *paradoja de eficacia*.

La evaluación de la eficacia terapéutica suele comprender una etapa donde el agente terapéutico en desarrollo es validado frente a la terapéutica convencional. El paso siguiente, la evaluación contra placebo con un tamaño de muestra mayor depende de que el resultado contra la terapéutica convencional no sea negativo, o sea, que el agente sea al menos tan eficaz como la terapéutica convencional. Sin embargo, el resultado ulterior negativo contra placebo constituye una evidencia negativa y una invalidación al menos parcial de la terapéutica bajo investigación, aún cuando la terapéutica convencional de la validación anterior haya sido validada previamente contra placebo con resultados positivos (Walach 2005). La solución en este caso suele ser, como en otros, de consenso, con lo cual la pretendida objetividad del proceso es más que cuestionable.

En el ECC, se insta al paciente a contribuir con el conocimiento humano, para lo cual debe acceder a someterse a un proceso de aleatorización después del cual será un ignorante de su destino durante el tiempo de duración del ensayo. La diferencia entre la ceguera del equipo médico y la del paciente es sustancial, dada la condición de doliente de este último, donde además debe dar su consentimiento no ya a participar activamente en su propia curación sino a entregarse totalmente a un proceso donde el objeto de estudio no es él mismo sino una sustancia desconocida, donde pondrá finalmente sólo un grano de arena en la premediación de los resultados, donde la estadística dirá la palabra final y donde con buena suerte podrá salir curado, ya que sabe de antemano que sólo podrá contar con la mitad de las probabilidades como máximo. Si bien todos los pacientes que dan su consentimiento lo hacen voluntariamente, la actitud psicológica que subyace detrás de esa decisión, que de hecho puede cambiar durante el ensayo de acuerdo con la respuesta que el paciente va percibiendo en sí mismo, es desconocida en todo momento por el investigador. El intento por eliminar el sesgo de subjetividad del investigador por medio de la aleatorización, el enmascaramiento y la introducción del grupo placebo, *introduce un sesgo de subjetividad en el paciente*. Esto introduce una componente adicional en la variabilidad de la respuesta en el ECC (Hyung 2009). El incremento esperable en la semejanza de la respuesta de los grupos experimental y control en este caso, explicaría por qué tiende a producirse la paradoja de eficacia.

2.4. El sesgo de exclusión

La generación de evidencia a partir de los ECC comprende un proceso de admisión-exclusión donde los ECC que no reúnen explícitamente los requisitos metodológicos de aleatoriedad, enmascaramiento y placebo son eliminados como fuentes de evidencia confiable. La exclusión por “deficiencias metodológicas” puede eliminar un porcentaje mayoritario y considerable de reportes de investigación, hasta el punto de que sólo una fracción de la información tributada en ese sentido resulta útil para la MBE.

A estas alturas del discurso, asalta la duda de si los reportes publicados de ECC debieran aceptarse o rechazarse categóricamente por el cumplimiento o no de uno u

otro requisito metodológico, máxime cuando estos requisitos son de alguna manera cuestionables a la luz de los razonamientos expuestos. Pudiéramos hablar entonces de la presencia de un *sesgo de exclusión*, donde se elimina información potencialmente valiosa de la evidencia científica. Este sesgo contribuye a incrementar implícitamente los costos de la medicina experimental, en un intento explícito por reducirlos

Un acercamiento mayor al tema revela que los reportes de ECC donde se aplican intervenciones que rinden potencialmente efectos inespecíficos, o bien específicos pero en un sentido diferente, tales como los de las terapias llamadas complementarias y alternativas, tienden a generar interpretaciones no concluyentes (Patterson 2009). La validación mediante los ECC de alternativas terapéuticas provenientes de medicinas tradicionales que supuestamente han beneficiado a un número indeterminado, pero considerable de pacientes, posiblemente a lo largo de milenios, pudiera cuestionarse, debido a que la mayoría de estas alternativas parte de una clasificación diagnóstica diferente a la de la medicina convencional, no padecen de las taras del paradigma de simplificación y sus efectos no suelen dirigirse hacia la normalización de variables seleccionadas. La posibilidad de indicar una de estas alternativas terapéuticas con efectos inespecíficos generales y favorables a la evolución en un padecimiento crónico no debiera depender de haber demostrado previamente su capacidad de modificar una variable específica, considerada representativa del patrón de síntomas y signos de ese padecimiento. No obstante, las reglas son las reglas: si su eficacia no ha sido demostrada científicamente a través de los ECC, puede pertenecer a una Medicina Basada en la Clarividencia, pero no es científica.

En resumen, el ECC es, en tanto cumbre de la pirámide de la medicina experimental, un modelo experimental de la asistencia médica, de donde se espera una información destinada a ser aplicable y generalizable dentro de la terapéutica de dicha asistencia. Tiene como objetivo validar terapéuticas efectivas para el tratamiento de enfermedades caracterizadas por unos pocos parámetros medibles con precisión, asumiendo que otras condicionantes y factores de orden cualitativo no son determinantes en el proceso de la enfermedad ni de la curación, y asumiendo además que el paciente es un factor independiente del tratamiento destinado a él.

La terapéutica ensayada debe influir sobre el mecanismo de acción de la enfermedad, concebido y aceptado a partir de las nociones reduccionistas y positivistas, representado generalmente mediante esquemas bidimensionales donde no se suele tener en cuenta la red de interacciones causa-efecto ni el aspecto temporoespacial de las transformaciones (García-Salman 1999). El esquema de tratamiento es concebido, asimismo, independientemente de la forma de manifestación de la enfermedad en cada paciente. Es más importante la pertenencia del paciente a un grupo experimental que los aspectos comunes o diferentes de su expresión de la enfermedad, de su actitud hacia el ensayo mismo y de su evolución. Por tanto, puede decirse que los ECC, al haberse desarrollado y haber evolucionado de acuerdo con el paradigma clásico de simplicidad, arrastran el lastre positivista, reduccionista y metafísico de jerarquizar los elementos cuantitativos sobre los cualitativos, considerar relevantes sólo algunas de las variables que caracterizan la enfermedad como categoría

abstracta, y no considerar la importancia del aspecto psicosocial del ser humano dentro de la totalidad que conforma.

La fase preclínica que antecede a la aprobación de los ECC comprende tanto investigaciones dirigidas al establecimiento del mecanismo de desarrollo de la enfermedad como del mecanismo de acción de los agentes terapéuticos diseñados para combatirla. En este caso juega un papel fundamental el desarrollo de modelos experimentales de la enfermedad en animales de experimentación. Estos modelos incluyen tanto la inducción de la enfermedad a investigar en animales sanos o el desarrollo de animales manipulados genéticamente, capaces de desarrollar espontáneamente la enfermedad. En uno y otro tipo de modelos se trata de lograr diseños lo suficientemente reproducibles como para disminuir la variabilidad en la respuesta entre animales en los grupos experimentales y facilitar la demostración en las evaluaciones de agentes terapéuticos. Sin embargo, la variabilidad observada incluso entre animales de una misma camada, ha sugerido que los resultados obtenidos en animales pueden no ser extrapolados consistentemente al ser humano, aun cuando las hipótesis estadísticas se hayan verificado de manera exhaustiva (Milgrom 2009).

La presencia del paradigma de simplicidad en la fase preclínica del desarrollo de la farmacoterapia, es todavía más evidente: la distancia existente entre la enfermedad desarrollada espontáneamente en el ser humano y la que se pudiera inducir en un animal de experimentación sano es grande, no sólo debido a la diferencia entre especies, sino también a las diferencias en la historia natural de la enfermedad, donde se trata de reproducir en el animal algunas de las facetas observables en la clínica, donde la red de interacciones causa-efecto en uno y otro caso es esencialmente distinta. Sin embargo, la mayor de las diferencias estriba en el aspecto psicosocial del proceso, que resulta irreproducible en el animal. Como resultado, las posibilidades de penetrar en la esencia -propiedad que nos brindan los modelos-, a pesar de investigar el fenómeno hasta niveles que por razones bioéticas son prohibitivos en humanos, no se han correspondido con los resultados obtenidos en el ámbito clínico.

Es conocida la disparidad que existe entre los resultados de la preclínica y los resultados correspondientes a los ECC, no obstante el conocimiento que se pretende haber obtenido del mecanismo de la enfermedad y de las propiedades del fármaco evaluado para contrarrestarlo. Por sólo citar un ejemplo, desde que el término *neuroprotección* fue acuñado por Astrup en 1982, después de la caracterización de la penumbra isquémica en el infarto cerebral, cientos de protofármacos dirigidos contra alguno de los mediadores del daño cerebral isquémico, con potencialidad neuroprotectora comprobada en modelos experimentales, fueron evaluados en otros tantos ECC. Ninguno de ellos fue aprobado después de 25 años de investigación, a pesar de que la década de los 90 fue declarada como "Década del cerebro" y cuantiosos recursos fueron asignados a las investigaciones en isquemia e infarto cerebral (Jonas 1997). Las causas de esta disparidad residen en la homologación de la respuesta biológica en uno y otro caso sin considerar la distancia que media entre ellos. También en este caso la solución no estaría en la refinación suficiente de los modelos, sino en la revisión del paradigma conceptual subyacente: si la realidad *no es* como la habíamos

concebido, lo que razonemos sobre ella nos puede conducir a métodos que *no* la transformen en el sentido esperado.

3. Componentes del problema y sus implicaciones

Un acercamiento al problema planteado desde una perspectiva compleja no puede dejar de considerar su aspecto sociocultural. A grandes rasgos, este consiste en que la supeditación de las decisiones en administración de salud, en el aparato legal y en la medicina asistencial a los dictámenes de la MBE confiere a esta un carácter hegemónico. La manera en que han evolucionado los hechos y el nivel de aceptación actual de la MBE en el contexto social global, permite confirmar la afirmación anterior. Las causas que determinan esta evolución de los acontecimientos tienen al menos una componente científico-cultural y otra económico-financiera.

La componente científico-cultural comprende las nociones de que el conocimiento científico es cualitativamente superior al conocimiento no científico, que las ciencias contribuyen decisivamente al bien del hombre y al progreso social y que por tanto los productos de la ciencia están llamados a sustituir o desplazar aquello que no esté avalado o verificado por la ciencia. En el caso que nos ocupa, significa que la MBE lejos de constituir una herramienta, se ha erigido en un paradigma. Por lo tanto, los resultados obtenidos en los ECC y sintetizados en las conclusiones de las revisiones sistemáticas y los metanálisis constituyen portadores de la evidencia por sí misma, necesaria para la toma de decisiones categóricas, a menudo dicotómicas, de si-no. Las bases de datos bibliográficas, la gestión del conocimiento y la propia formación de recursos humanos en salud, ha desarrollado un circuito cerrado de evidencia-en-función-de-la-medicina a medicina-en-función-de-la-evidencia, que puede a la larga desvirtuar el papel de la Medicina en la sociedad, toda vez que se trata de una actividad humana con base científica, pero que no es una ciencia en sí misma ni tiene como función directa aportar conocimientos científicos, sino mejorar la vida de los seres humanos.

La componente de índole económico-financiera resulta de una de las actividades humanas más lucrativas en términos de rentabilidad: la industria médico-farmacéutica. La posibilidad de comercializar productos con alto valor agregado a miles de millones de personas interesadas en conservar y recuperar su salud, debe estar avalada por la garantía de que ese producto que se vende tiene realmente las propiedades que se le invocan. Para obtener este aval, nada mejor que el reconocimiento otorgado por un subsistema que involucra el saber científico, reconocido como cualitativamente superior a otros donde predomine la esfera de la experiencia individual, la intuición o las percepciones subjetivas. Por otra parte, el desarrollo de medios de diagnóstico de alta tecnología permite no sólo incrementar la sensibilidad y la precisión diagnóstica en la medicina asistencial, sino también desplazar la importancia del valor diagnóstico hacia las variables cuantitativas, en detrimento del diagnóstico clínico clásico. La rentabilidad de un subsistema integrado como este es tal, que ha sido capaz de

financiar la investigación preclínica, la clínica, y todo el subsistema de gestión del conocimiento.

3.1. Propuestas metodológicas

Afortunadamente, la Ciencia como manera de explorar el mundo, surgida de la necesidad de explicarlo, transformarlo y predecir los procesos y fenómenos, ha empezado en los últimos 25 años a revelar las limitaciones de ese modo clásico (analítico, lineal y disciplinar) de hacer ciencia.

La MBE ha sido el resultado de la globalización del paradigma biomédico, y su proceso de expansión hegemónica comenzó en los años 90 del siglo pasado. Por lo tanto, su desarrollo ha coexistido con la expansión de las ciencias y el pensamiento de la Complejidad. La modificación del paradigma biomédico o su sustitución por otro que considere los aspectos cualitativos y no biológicos del ser humano, y que además considere la dinámica de los sistemas complejos y sus relaciones de causalidad en las investigaciones y en la generación de evidencias no es un proceso fácil ni posible de desarrollar en pocos años. Es preciso promover un movimiento alternativo que procure incorporar el pensamiento de la Complejidad en los sistemas de salud local y regional. Este movimiento debería considerar: 1) la complementación de los métodos cuantitativos con los cualitativos en las investigaciones en salud, incluyendo las dirigidas a la validación de agentes y procedimientos terapéuticos. 2) la integración de la medicina convencional con las medicinas tradicionales desarrolladas por los pueblos, que parten de sistemas filosóficos más holistas y menos disyuntivos, así como la utilización de medios naturales en la terapéutica, y 3) la educación de los individuos en lo concerniente a la salud personal y su vinculación con la integridad de los ecosistemas y de la biosfera, lo cual incrementaría la responsabilidad de las comunidades y la integración de otras esferas de la sociedad en el ámbito de la salud, en el camino hacia la transdisciplinariedad.

La investigación cualitativa ha sido para las ciencias sociales el pilar metodológico que constituye para las ciencias naturales y exactas la investigación cuantitativa (Artiles 2009). La incorporación cada vez mayor de las investigaciones cualitativas al ámbito médico se ha convertido en una tendencia actual, con partidarios y detractores. El conocimiento de las motivaciones y las actitudes humanas hacia las diversas facetas de la medicina experimental puede esclarecer numerosas interrogantes, incluso de algunas de las que se plantean en el presente trabajo como posibilidades que sesgan la información emanada de los ECC. El uso de pruebas cuantitativas como el análisis de factor y el de grupos (cluster analysis) han sido utilizados en el estudio de poblaciones con una perspectiva compleja (Ahn 2010). El complemento de ambos tipos de métodos, además de la discriminación de variables con grupos pequeños de pacientes antes de diseñar un ECC, puede incrementar el grado de certeza de los ensayos grandes (Aikin 2007).

Los sistemas médicos tradicionales como la Medicina Tradicional China, así como otros más recientes como la homeopatía, parten de principios que no se ajustan al

sistema médico ni científico clásico predominante en Occidente, pero son más compatibles con el pensamiento complejo y en cierta medida pueden considerarse como sus precursores (Ahn 2010). La pretendida integración entre la medicina convencional –mal llamada occidental- y los sistemas médicos tradicionales mediante la validación de opciones terapéuticas específicas ante enfermedades específicas mediante los ECC, sería equivalente a pretender introducir una espiga redonda en un enchufe rectangular. El diseño de ECC donde se respeten los principios de otros sistemas médicos, donde se validen no ya las sustancias sino los abordajes, no ya los cambios en los valores de los parámetros sino el estado general de los pacientes, es a la vez posible y factible (Patterson 2009, Ahn 2010).

Una educación del futuro, como la propuesta por Morin en 1996 (Morin 1996) –y que diez años después sigue perteneciendo al futuro- que incluya el pensamiento complejo, deberá conducir a una medicina menos asistencialista y más preventiva, con una formación del individuo hacia el conocimiento y la promoción de su salud personal y medioambiental, que lo empodere ante los decisores de su comunidad, país y región, y que promueve el abordaje intersectorial en las acciones sociales sobre la salud, más allá del patrimonio exclusivo de los médicos asistenciales y los sistemas de salud nacionales. Será tarea de los epidemiólogos del futuro, el demostrar el impacto que este modelo de salud genere en la salud a todos los niveles.

4. Conclusiones

Los aspectos discutidos en el desarrollo del presente trabajo nos permiten concluir que las bases teórico-metodológicas del paradigma biomédico introducen sesgos en los ECC, tales como los siguientes:

- El *sesgo de clasificación*, debido a una noción reduccionista simplificadora del proceso de salud-enfermedad que clasifica a los pacientes de acuerdo con los valores de un mínimo de parámetros cuantitativos, tanto en la inclusión como en el seguimiento de la evolución, desconociendo la dinámica de interacción de otros parámetros, de la causalidad múltiple y en red, y de procesos concomitantes que pudieran complicar la interpretación de los resultados. Esta situación comprende también una disociación entre la respuesta terapéutica esperada y las respuestas colaterales, lo cual impide delimitar con claridad las indicaciones y las contraindicaciones reales de las dosis ensayadas, que serían útiles en la práctica clínica posterior.
- El *sesgo de subjetividad* en el paciente, que se asume inerte e insensible a propuestas que se hacen sobre su persona, paradójicamente dirigidas a controlar el sesgo de subjetividad en el equipo de investigación. Se produce debido a la disociación simplificadora entre el sujeto que investiga, el objeto de investigación y el contexto en el que se efectúa la investigación. Este sesgo involucra precisamente los requisitos de aleatoriedad,

enmascaramiento y placebo, que convierten a los ECC en el *estándar de oro* de la MBE.

- El *sesgo de exclusión*, correspondiente a la etapa de gestión del conocimiento en la MBE, que se produce con la discriminación de los reportes de ECC que no cumplen requisitos metodológicos esenciales, tales como los mencionados en el párrafo anterior, considerándose como portadores de evidencia aquellos que sí los cumplen. De acuerdo con tales criterios y teniendo en cuenta las conclusiones anteriores, toda la información estaría sesgada y por tanto en igualdad de condiciones ante la MBE.

La MBE ha contribuido a un incremento en la calidad y la esperanza de vida de millones de personas en el siglo pasado. No obstante, la falta de correspondencia actual entre la dispensación de recursos y los índices de salud conmueve las bases predictivas de la evidencia científica que ha justificado la correspondiente toma de decisiones. Pero las limitaciones del paradigma subyacente expuestas hacen que, por una parte las decisiones sustentadas en la MBE no sean necesariamente las mejores decisiones, que los recursos dispensados a alimentar la carrera por crear nuevas y mejores alternativas contra las enfermedades humanas sean excesivos y que la atención y que la concentración de los esfuerzos se desplace aun más en el sentido de la terapéutica farmacológica en detrimento de la higiene y la prevención. Ese es el peligro que mencionábamos en la Introducción. Si el presente artículo ha logrado presentarlo adecuadamente y al menos esbozar una estrategia para solventarlo, entonces habrá logrado su objetivo.

Bibliografía

Ahn Andrew, Nahin Richard, Calabrese Carlo, Folkman Susan, Kimbrough Elizabeth, Shoham 6 Jacob, Haramati Aviad. 2010 "Applying Principles from Complex Systems to Studying the Efficacy of CAM Therapies" En: *JACM* 16; 9: 1015–1022.

Aickin Mikel. 2007 **"**The Importance of Early Phase Research" En: *JACM* 13;4:447–450

Artiles L, Otero J, Barrios I. 2009 *Metodología de la Investigación para las Ciencias de la Salud.* Editorial de Ciencias Médicas, La Habana.

Barreras Erich A. et al. 1991 *Filosofía, ciencia de la salud.* Editorial Pueblo y Educación, p.18.

Benedetti Fabrizio, Mayberg Helen S., Wager Tor D., Stohler Christian S., Zubieta[5] Jon-Kar. 2005. "Neurobiological Mechanisms of the Placebo Effect". En: *The Journal of Neuroscience* 25(45):10390-10402.

Capra F. 1992 *El punto crucial*. Editorial Troquel SA, Argentina.

Carta de Ottawa para la promoción de Salud. (17-21 de noviembre de 1986, Ottawa, Ontario, Canadá.

Casas Valdés, Aloyma; Oramas Díaz, Jehová; Presno Quesada, Ileana; Lic. López Espinosa, José Antonio; Cañedo Andalia, Rubén. 2007 "Aspectos teóricos en torno a la gestión del conocimiento en la medicina basada en evidencias". En: *Acimed*.;9(1)

Delgado CJ. 2007 *Hacia un nuevo saber: la bioética en la revolución contemporánea del saber.* Publicaciones Acuario. Centro Félix Varela, La Habana.

García-Salman J.D. 2004 "Protección neuronal endógena: un enfoque alternativo" En: *Revista de Neurología* 38:150-5.

García Salman JD. Córdoba M. 1999. "Lo patológico y lo compensatorio en la isquemia cerebral. Aspectos moleculares". En: *Revista de Neurología* 28:786-92.

Hyung Koog Yun, Min Byung-Il. 2009 "Does Random Participant Assignment Cause Fewer Benefits in Research Participants? Systematic Review of Partially Randomized Acupuncture Trials" En: *JACM* 15;10:1107–1113

Jonas, S. Tran A.Q.; Eisenberg, E.; Azam M.; Viera, D.; Grumet, S. 1997 "Does effect of a neuroprotective agent on volume of experimental animal cerebral infarct predict effect of the agent on clinical outcome in human stroke?" Neuroprotective agents – Third international conference. En: *Annals of the New York Academy of Sciences*; 825:281-7

Mateos José Luis. 2005. Caos y complejidad. En: *Las ciencias de la complejidad y la innovación médica*, Eds: Ruelas Enrique y Mansilla Ricardo, UNAM, México.

Laporte JR. 1997 *Principios básicos de investigación clínica.* 2da edición. Astra Zeneca, Barcelona.

Laurel, Asa Cristina. 1994 "Sobre la concepción biológica y social del proceso salud – enfermedad". En *Lo biológico y lo social. Serie de desarrollo de recursos humanos*, No. 101 OPS – OMS. Washington:1-12.

Lazcano-Ponce, Eduardo; Salazar-Martínez, Eduardo; Gutiérrez-Castrellón, Pedro; Angeles-Llerenas, Angélica; Hernández-Garduño, Adolfo; Viramontes, José Luis. 2004 "Ensayos clínicos aleatorizados: variantes, métodos de aleatorización, análisis, consideraciones éticas y regulación". En: *Salud Pública de México* 46, 6.

Lorenzano, César. 1994 "De la estructura teórica de la medicina y las ciencias sociales". En *Lo biológico y lo social. Serie de desarrollo de recursos humanos*, No. 101 OPS – OMS. Washington:35-68.

Milgrom Lionel. 2009 ''….Macavity's Not There!'' En: *JACM* 15;10:1051–1053.

Moreno, Miguel Ángel. 2005 *La medicina basada en la evidencia y la práctica médica individual*. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/med/vol44_3-4_05/Untitled-1.htm

Morin Edgar. 1999 *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. UNESCO, París.

Organización Mundial de la Salud. 2009 *Estadísticas sanitarias mundiales*. Disponible en: http://www.who.int/statistics

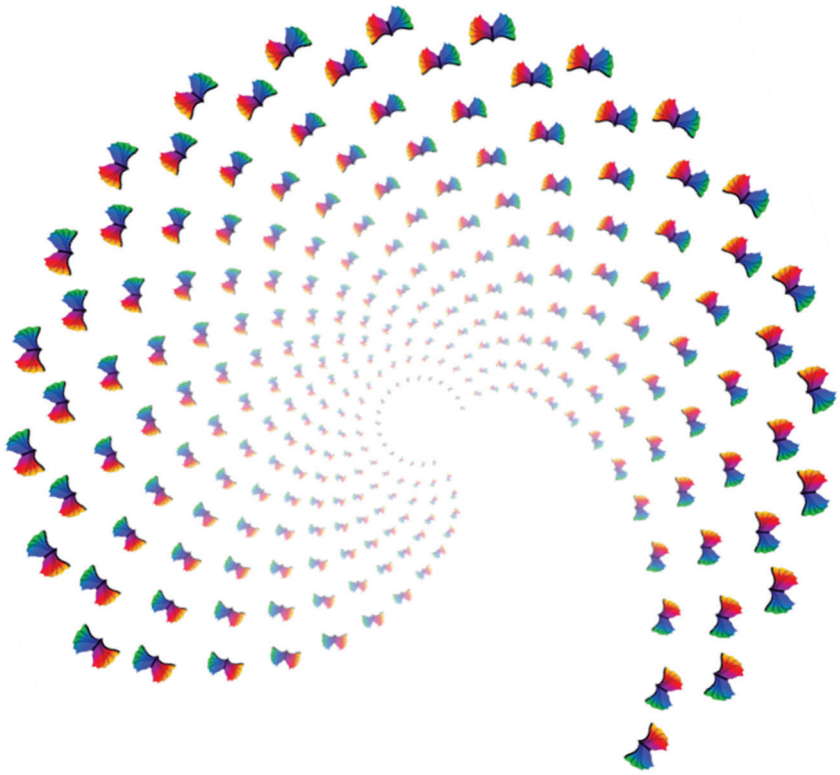
Paterson, Charlotte; Baarts Charlotte; Launsø, Laila; Verhoef, Marja. 2009 "Evaluating complex health interventions: a critical analysis of the 'outcomes' concept". En: *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 9:18

Sannita, Walter G. 2006 "Individual variability, end-point effects and possible biases in electrophysiological research". En: *Clinical Neurophysiology* 117:2569–2583

Walach, Harald. 2009 "The Campaign Against CAM and the Notion of ''Evidence-Based'' En: *JACM* 15;10:1139–1142

TERCERA PARTE

Investigación y programas de acción desde los enfoques de la complejidad en América Latina



CAPÍTULO XII

Impacto del software libre en una organización desde el enfoque de la complejidad

José Julián Reina Materón*

1. Introducción

Utilizando una metodología en espiral, bajo la idea de una guía que se re-evalúa, reconstruye y madura en la adecuación-transformación del objeto de estudio, se hace una propuesta teórica de relaciones Software Libre ↔ Organización bajo el supuesto de una organización que aprovecha el potencial multidimensional que tiene el Software Libre para impulsar desarrollos organizacionales y empresariales. Esta propuesta se inspira en la idea moriniana de la empresa como auto-eco-organización, en el concepto de autodeterminación estructural de H. Maturana y un arquetipo sengiano para visualizar las relaciones como sistema.

El trabajo comienza con una indagación rápida sobre el estado de adopción del Software Libre en Colombia con el fin de contextualizar la situación del país y se ubica la Universidad Santiago de Cali[1] (USC), como un caso concreto y útil desde la perspectiva de revelar el potencial de transformación del software libre sobre las organizaciones y avanzar en el conocimiento de las condiciones de posibilidad de ese aprovechamiento. El documento muestra los logros realizados hasta el momento en la articulación e integración de conceptos de las ciencias de la gestión con los enfoques de complejidad utilizados, en el desarrollo metodológico, así como algunos resultados y conclusiones preliminares.

* Profesor Contratista en Tecnologías de la Información, Facultad de Ciencias de la Administración, Universidad del Valle. Datos de contacto. Dirección postal: Calle 4B No 36-00. Cali-Valle. Colombia. Tel. +57 (2) 5542455. Correo electrónico: josereina@hotmail.com.

[1] La Universidad Santiago de Cali es una institución educativa de carácter privado cuyo mercado se encuentra en los estratos bajo-medio, se encuentra ubicada al Sur-Occidente de Colombia, es la segunda Universidad con mayor número de estudiantes en la zona.

2. Estado de adopción del Software Libre en Colombia

En Colombia, la mayoría de los gestores del Software Libre[2] provienen de las Universidades, donde hay alrededor de 38 *comunidades de Software Libre*[3] (DragonJar 2009); constituyéndose como los mayores impulsores de la aplicación de tecnologías libres. Existen también iniciativas fragmentadas de instituciones estatales como el Departamento Administrativo Nacional de Economía Solidaria, DANSOCIAL, institución que trabaja en el desarrollo de estrategias que faciliten el acceso a la informática, mediante la búsqueda de elementos para la adaptación del Sector Solidario a las nuevas tecnologías de la información (Arroyave 2007). En este ámbito la Superintendencia de Servicios Públicos adopta el Software Libre en 2006 y libera un proyecto bajo la licencia GNU/GPL[4], un software de gestión documental y de procesos llamado *Orfeo*. Esta herramienta empezó a utilizarse en otros países de Latinoamérica, convirtiéndose en un gran impulso para el Software Libre (Dávila 2007:2).

Entre algunos datos importantes, en el 2004, a raíz de una visita de Richard Stallman[5], la alcaldía de Bogotá mostró voluntad política para la adopción del Software Libre en diferentes sectores del distrito Capital (Dávila 2007:2). A partir del 2007 se han realizado dos congresos internacionales de conocimiento libre, desarrollo local, regional y economía solidaria. El primero, celebrado en Bogotá, contó con el apoyo de María del Rosario Guerra[6] y de Rosemberg Pabón[7] como promotores del evento. El segundo, realizado en Cali en el año 2008, se conocieron proyectos como "ciudad digital" y otras iniciativas en el uso del Software Libre para el desarrollo de comunidades. En este último Congreso[8] se conoció que alrededor de 24 entidades Estatales ya trabajan con programas basados en Software Libre.

Respecto al ámbito empresarial, Jorge Calvo (2004) presenta los resultados de una encuesta realizada por ACIS[9], según la cual el 75% de las empresas consultadas utilizan Software Libre, situación contraria a lo que podría esperarse debido al gran mercado que regularmente abarca el Software Propietario. Entre las empresas que no lo utilizan (25%), el 12% expresó que sus estándares no se lo permitían, el 8% no conocía firmas especializadas, el resto no conocía sobre el tema, y ninguna respondió no haber

---

[2] A diferencia del Software Propietario que posee una licencia con limitaciones de uso, modificación y distribución, el Software Libre se define como la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el Software e incluso compartir su conocimiento para beneficio de las demás personas. Ver las cuatro libertades esenciales en el libro *Free Software, Free Society* (FSF 1996:91).

[3] Una Comunidad de Software Libre es un grupo de personas que cooperan entre sí en distintas áreas relacionadas con el Software Libre; pueden ser usuarios, desarrolladores, distribuidores, soportistas, traductores entre otros. Todos tienen en común el espíritu cooperativo, el mejoramiento y difusión del conocimiento. http://www.softwarelibrecr.org/faq/comunidad

[4] GNU/GPL es un tipo de licencia utilizada en Software Libre, conocida como Licencia Pública General GNU. De acceso público a través de la página http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html.

[5] Fundador de GNU.

[6] Ministra de Comunicaciones 2006-2010.

[7] Director DANSOCIAL.

[8] II Congreso Internacional de Conocimiento Libre, Desarrollo Local, Regional y Economía Solidaria. De acceso a través de la página http://www.softwarelibrecolombia.org.

[9] Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas.

utilizado software libre por malas experiencias. En la encuesta se concluyó que la mayoría de las empresas que no utilizan Software Libre es por falta de conocimiento. Respecto al uso, la encuesta arrojó que el 63% utiliza Linux como sistema operativo, de aquí, el 54% lo utiliza en aplicaciones de servidores y el 27% como estaciones de trabajo, el resto lo utiliza solamente en aplicaciones de seguridad. Finalmente, para el nivel de satisfacción del uso, el 74% de los encuestados la calificó como buena y sólo el 2% la calificó como regular y el 1% mala. Estos datos indican que a pesar de que en apariencia hay un uso alto del Software Libre se concentra en aplicaciones que no aprovechan el potencial de las libertades inherentes a él y sólo por las ventajas que tiene para los servidores y para la seguridad informática.

3. El impacto del Software Libre y el enfoque de la complejidad

Este trabajo está motivado por la necesidad de comprender el escaso uso del Software Libre a nivel empresarial a pesar de que se presenta con ventajas importantes en la reducción de costos y es cada vez más competitivo con respecto al software propietario en términos de facilidad de uso y calidad operacional. Además, el Software Libre y sus libertades intrínsecas, generan un potencial para el desarrollo de nuevas prácticas de desenvolvimiento empresarial, aprendizaje organizacional y creatividad individual que invitan al gestor y director de organizaciones a enfrentar el desafío de poner en marcha nuevos procesos. Se trata también de realizar una doble exploración. Por un lado, se trata de explorar la aplicación de los enfoques de complejidad a la solución de problemas prácticos si se comparte la idea de que están mejor dotados para el examen y solución de problemas que las miradas especializadas que buscan relaciones simples de causa → efecto. Por otro lado, se busca conocer las condiciones que hicieron posible la adopción de Software Libre, de modo tal de contar con casos de éxito para el aprendizaje organizacioanl. Esta doble exploración significa ampliar el examen de la dimensión económico-productiva hacia otras dimensiones que influyen sobre la organización y su cultura que usualmente sólo son tratados por las disciplinas de manera separada.

3.1. Propuesta de relaciones complejas Software Libre ↔ organización

A partir de la idea de Morin (1994) de las empresas como proceso auto-eco-organizacional[10], se plantea un arquetipo sistemémico[11] (Senge 1990) para organizar de

[10] Bajo el concepto de auto-eco-organización, una empresa se auto-organiza y realiza su auto-producción, al mismo tiempo, realiza la auto-eco-organización y la auto-eco-producción (Morin 1994:124). La empresa produce cosas y también se auto-produce, así mismo se encuentra en interdependencia con el medio, lo aprovecha, lo organiza y éste a su vez organiza a la empresa. En el texto "La Complejidad y la Empresa" del libro *Introducción al Pensamiento* Complejo (Morin 1994:130), se plantea el problema: *"¿Cómo integrar en las empresas las libertades y los desórdenes que pueden aportar adaptatividad e inventiva, pero también la descomposición y la muerte?*". Esta pregunta, clave para la ciencia de la gestión, pone de manifiesto la relevancia de estudiar las empresas en términos de la auto-eco-organización.

manera general el estudio del problema del impacto en términos de la organización, de su contexto y de su interacción con la operación y uso del Software Libre en una situación ideal que aprovecha su potencial (Figura 1). En el arquetipo se definen relaciones de causalidad circular propias de la cibernética para producir una mirada sistémica de procesos y relaciones. Además, se incorpora el concepto autodeterminación estructural[12] de H. Maturana (1996) para completar el arquetipo.

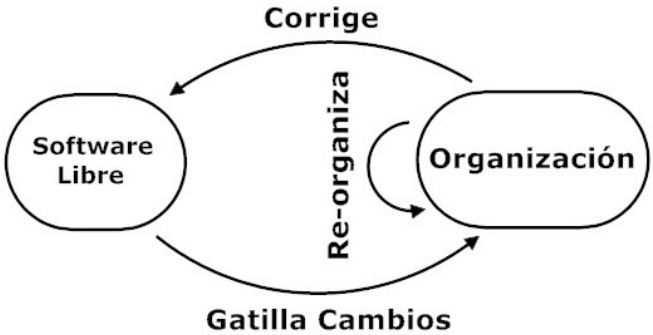


Figura 12.1. Propuesta de relaciones complejas Software Libre ↔ Organización en condiciones ideales de aprovechamiento. Fuente: Elaborado por José Julián Reina (2009).

La Figura 1 representa dos tipos de realimentación[13]: una realimentación negativa que corregiría el software y sus efectos sobre la organización, a su vez, una realimentación positiva que "gatillaría cambios" del Software Libre sobre la organización. También se representa una causalidad recursiva que implica la auto-producción y auto-organización en la organización misma. Estas relaciones de causalidad circular se pueden explicar así: el Software libre al ser adoptado por la organización impacta y "gatilla cambios" en los procesos internos de la organización, la cual, en su operar como un sistema se autorregula, promoviendo procesos que le permitan estabilidad como organización, auto-organizando y auto-produciendo las estrategias y procesos que utilizarían esta tecnología. A su vez, la organización modifica, adapta y corrige el tipo de solución informática que puede impactar sobre ella, incluso (si es posible) la modifica generando un ciclo nuevo de causalidad el cual gatillaría nuevos cambios en la organización.

La doble influencia es posible dadas las características intrínsecas del Software Libre, que le permiten ser copiado, modificado y distribuido con libertad, lo cual

[11] Un arquetipo sistémico es una representación que ayuda a describir procesos y estructuras para reconocer comportamientos utilizando una mirada sistémica.

[12] La expresión gatilla cambios es tomada del lenguaje del biólogo chileno Humberto Maturana. Según él, los cambios no son determinados por el exterior, sino por la organización como respuesta a los estímulos externos. Para Maturana el concepto "determinismo estructural" es válido para todos los sistemas incluyendo los seres humanos (Maturana 2004:39), lo cual no indica que las organizaciones se miren como unidades autopoiéticas.

[13] De acuerdo a la cibernética, la realimentación puede ser de dos tipos: La *retroacción negativa* que actúa como mecanismo de estabilización o regulación de un sistema. La *retroacción positiva* como la ruptura de la regulación de un sistema y la ampliación de una determinada tendencia o desviación hacia una nueva situación incierta.

complejiza las maneras como se puede implementar y usar la solución informática en una organización, diferente del caso del Software Propietario, que no puede ser modificado y no permite la realimentación de la organización sobre el software.

3.1.1. Algunos fenómenos observables desde visiones de complejidad

En la Tabla 1 se proponen los objetos de observación que pueden ser indagados en los procesos, resultados y experiencias de la trayectoria de adopción del Software Libre en la USC a partir de distintas miradas de complejidad.

Algunos desarrollos provenientes de teorías de la complejidad	**Autores relacionados**	**Acercamiento a fenómenos organizacionales observables en la USC**
Retroacciones negativas y positivas	Senge	Sistemas de control, impuestos y espontáneos
Relaciones complementarias y antagonistas, incertidumbre, causalidad lineal, causalidad circular retroactiva y causalidad recursiva	Morin	Interpretación de procesos contradictorios, conflictos y complementariedades
Auto-eco-organización, autonomía/dependencia	Morin	La empresa se auto-eco-organiza en torno al mercado
Estructuras disipativas, procesos disipativos, entropía, irreversibilidad, orden-desorden, caos, organización, auto-organización, emergencia, sensibilidad a condiciones iniciales, auto-semejanza fractal, invarianza de escala, no linealidad, principio hologramático	Prigogine, Stengers, Mandelbrot, Morin	Procesos creativos, innovaciones, desorden, irreversibilidad. Cualidades de la organización y de su operación que no pueden ser explicadas mediante el análisis de las partes o del todo
Equilibrio estable, inestabilidad e inestabilidad limitada (borde del caos). Sistemas en equilibrio y no-equilibrio. Teoría del caos, atractores extraños	Gell-Mann, Stacey, Zimmerman	Jerarquías, burocracia, sistemas de control, conformismo, aversión al riesgo, diversidad cultural, visiones compartidas, conflicto, diálogo, aprendizaje organizacional
Sistemas caóticos, sistemas dinámicos no lineales, organizaciones caóticas	Thiétart, Forgues	Fuerzas y contra fuerzas en juego, algunas conducen el sistema hacia la estabilidad y el orden como la planificación, estructuración, control. Otras hacia la inestabilidad y el desorden como la innovación, iniciativa y experimentación
Determinación y acoplamiento estructural, sistemas vivos, sistemas cerrados, autopoiesis	Maturana, Varela	Los cambios son determinados por la estructura de las organizaciones y no desde el exterior que sólo gatilla respuestas.
Sistemas autopoiéticos sociales, cerrazón autorreferencial	Morgan, Kickert, Luhmann	Relaciones con el entorno autorreferenciales. Objetivo de toda organización sería mantener su propia organización e identidad, lo que las define como organizaciones diferentes de su entorno y del resto de organizaciones

Tabla 12.1. Algunos fenómenos observables a partir de visiones de complejidad de varios autores. Fuente: Síntesis realizada por José Julián Reina (2010) a partir de lecturas de (Morin 1994) y (Navarro 2000).

4. Avance de resultados

4.1. Historia de la adopción del Software Libre en la Universidad Santiago de Cali

A continuación, se realiza un ejercicio de reconstrucción de la historia de la adopción de Software Libre en la Universidad Santiago de Cali (USC) a partir de la memoria de los gestores institucionales. Para este fin, se realizó una encuesta con preguntas orientadas a indagar en el uso del Software Libre en la USC, problemas encontrados en su adopción, reformas al interior de la organización, comportamiento de los usuarios, estrategias implementadas, aprendizajes y desarrollos logrados.

La experiencia de adopción del Software Libre (SW libre) en la Universidad Santiago de Cali se inicia en 1997 con la creación del Grupo de Investigación en Educación Virtual (GIEV), el cual se planteó la necesidad de ofrecer servicios en educación virtual. Se buscaban soluciones informáticas que pudiesen permitir la interacción entre estudiantes y docentes. La opción más sencilla y rápida era la adquisición de Software Propietario, pero implicaba incurrir en costos altos de operación y licenciamiento que la institución no estaba dispuesta a financiar ya que "nadie creía en ese momento en la educación virtual"[14]. El grupo decide entonces explorar la solución del SW Libre que no demandaba inversiones en licenciamiento y ya disponía de aplicaciones que permitían realizar video conferencias. Sin embargo existían limitaciones tecnológicas (acceso a internet irregular y velocidad insuficiente) que requerían de una mejor infraestructura tecnológica en la USC y conocimientos especializados en Linux manejados solo por algunos expertos, impidiendo implementar el servicio interactivo que se quería en el momento. En ese período, uno de los integrantes del grupo, que a la vez era Director del Departamento de Sistemas, decide introducir un sistema paralelo montado sobre Linux que no interfiriera con los sistemas de información existentes en la organización soportados en Windows. De esta manera, se posibilitaba que el grupo desarrollara gradualmente (durante cinco años) actividades de exploración y experimentación que provocaron procesos de aprendizaje. Asimismo, se brindó capacitación para nuevas aplicaciones y se establecieron intercambios con la comunidad internacional de SW libre. Sobre ese sistema se creó una plataforma de prueba de libre acceso para estudiantes y profesores. En el transcurso de un año, como un efecto no esperado, el uso de la plataforma crece espontáneamente a un nivel tal que se llega a tener alrededor de 10000 usuarios no controlados en interacción continua, compartiendo textos, videos, imágenes, fotos y toda clase de contenidos. Ese suceso le permitió al grupo mostrar a la institución los potenciales del sistema para captar necesidades del mercado, al mismo tiempo que se lograba ahorro de costos. A raíz de lo anterior y de un mayor apoyo institucional, la Universidad accede a crear el Departamento de Educación Virtual con unidades específicas[15] y personas contratadas específicamente para ello. Se decide cerrar el sistema de prueba y se implementa

[14] Entrevista a Fernando Giraldo, Director de la Unidad de Postgrados Virtuales de la USC, realizada por José Reina, 17-11-2010.
[15] Unidades pedagógica, tecnológica, comunicación, mercadeo y contenidos.

formalmente la plataforma para educación virtual de uso interno para la institución a través de un diplomado conocido como "Diplomado en herramientas para el **me**joramiento del **que**hacer **do**cente" al que denominaron "MEQUEDO". Además, se reglamentaron políticas de uso para los participantes y se invirtió en la construcción de un modelo educativo y en capacitación docente. Desde este momento se comienza a producir contenidos académicos especializados y se despliega un nuevo período de desarrollo de la educación virtual en la USC: se crean numerosos cursos virtuales de apoyo a programas de pregrado, tres programas de postgrados virtuales[16] aprobados por el Ministerio de Educación desde el año 2007 y se realizaron alianzas con la Facultad de Comunicación Social para la creación de una emisora virtual, un canal virtual, una revista electrónica y una biblioteca virtual; todas utilizando SW Libre y produciendo utilidades para la organización.

Hoy en día la implementación de programas virtuales de la USC ha tenido tal grado de éxito que se obtienen excedentes económicos mayores a los de un programa presencial. En palabras de Fernando Giraldo (Director Unidad de Postgrados Virtuales USC):

> Si en esa época nosotros hubiéramos querido utilizar Software Propietario, no lo habríamos podido hacer, debido a que el costo de licenciamiento era supremamente alto. Por eso, investigar sobre Software Libre permitió que el proyecto de Educación Virtual naciera y hoy en día nos dé dinero, inclusive más dinero que la parte presencial… un programa virtual deja alrededor del 65% de excedentes, en cambio un programa presencial te deja el 25%, porque no se utiliza infraestructura, ni salones, ni servicios públicos, ni vigilancia, ni costos anexos.

A la luz de los enfoques de complejidad se interpreta que a partir de un proceso de desorden provocado por la libertad de acceso a la plataforma virtual emergen nuevas posibilidades que impulsaron aún más al proyecto, las cuales fueron explotadas al imponer un principio de organización que estabilizó y posibilitó aún más la acogida y aceptación institucional. En el lenguaje de Peter Senge, se podría decir que el grupo se comporta como una "organización inteligente" que aprovecha las condiciones de posibilidad del momento para realizar acciones que producen efectos que crean nuevas condiciones de posibilidad (causalidad recursiva[17]). El director del grupo, que a la vez era Director de la unidad administrativa de sistemas (y hoy es director de la unidad de postgrados virtuales), demuestra su capacidad como un estratega de la "ecología de la acción", capaz de interpretar las condiciones del momento, tomar las decisiones más apropiadas creando situaciones que permiten posteriormente emergencia de nuevas posibilidades no planeadas. En el trasfondo (no observable sino por sus efectos) va

[16] Derecho administrativo, gerencia ambiental y desarrollo humano en las organizaciones.

[17] Se da cuando los efectos realimentan a las causas. En palabras de Morín, cuando "los efectos y productos son productores de aquello que los produce".

emergiendo un cambio cultural (y de actitudes por lo tanto) en el modo de concebir la educación y sus métodos de trabajo pedagógico que significan a su vez una transformación de la auto-eco-organización.

4.2. Efectos del Software Libre sobre la auto-eco-organización de la institución

La Tabla 2 sintetiza algunos de los avances en la caracterización de los efectos del Software Libre sobre la Universidad Santiago de Cali.

Auto-eco-organización de la USC	**Causalidad Recursiva (auto-producción: generador de condiciones de posibilidad)**	- La USC adopta SW Libre, se posibilita el servicio de Educación Virtual. La Educación Virtual producida por SW Libre reorganiza y produce a la USC. *La estructura organizacional cambia* debido al crecimiento obtenido, se adiciona la *Unidad de Educación Virtual* con una dirección y unidades específicas al interior (unidades pedagógica, tecnológica, comunicación, mercadeo y contenidos). - La buena experiencia en la adopción de SW Libre para educación virtual lleva a utilizar Software Libre para producir nuevos servicios como *la emisora virtual*, *la biblioteca virtual*, *un canal de televisión virtual, revistas y libros electrónicos*. Todos con tecnologías libres. - Se adoptan otras tecnologías libres para apoyar el desarrollo de los contenidos virtuales. - La implantación de la educación virtual promueve transformaciones, se empieza a *penetrar en la educación presencial*: se crean cursos virtuales para asignaturas que son transversales a todos los programas de la USC, como humanidades, comprensión textual, inglés, economía, entre otros. - Debido a la reducción de costos por licenciamiento de Software se reinvierte ese dinero en capacitación de docentes, estudiantes y creación de contenidos virtuales. Se dirigen recursos para la auto-producción de la organización. - Utilizando la misma plataforma libre se crea el diplomado MEQUEDO para capacitar a docentes en el uso de la plataforma virtual. Haciéndose un requisito para ser profesor de un curso académico virtual. - Se crea autonomía administrativa en los procesos de matrícula: estudiante puede matricular los cursos virtuales por si mismo. Mayor eficiencia en los procesos. - Educación virtual causa rechazo de parte de docentes acostumbrados a la oralidad y al mismo tiempo causa apoyo por docentes interesados en la nueva cultura. La oralidad se tiende a cambiar por una cultura orientada hacia la escritura. Otros docentes transforman sus métodos haciendo uso de videoconferencias para los cursos y permitiendo la transcripción escrita de sus clases. Está emergiendo un cambio cultural global en la organización en relación a los métodos pedagógicos, a las interacciones profesores – estudiantes, profesores – profesores, profesores – nuevos asesores de educación virtual y en las actitudes de los estudiantes que ahora tienen que ser más autodisciplinados y autodidactas.
	Causalidad Circular Retroactiva (el efecto estimula o disminuye la producción de objetos y servicios)	- Plataforma de educación virtual implementada con SW libre conllevó a la *reducción de costos* a nivel de infraestructura física - Aumenta la rentabilidad de los programas académicos virtuales que logran *mayores excedentes* que un programa presencial. - Programas virtuales se ofrecen a un costo semejante a los programas presenciales. - Se aumenta el número de estudiantes matriculados, crece la demanda. - Se hace mercadeo electrónico para ofrecer los servicios educativos. - Se certifican los programas virtuales ofrecidos, se hacen válidos ante el ministerio de educación. - Surgen beneficios computacionales por el uso de SW libre: actualizaciones más rápidas fortalecen la aplicación, menores riesgos a virus informáticos y vulnerabilidades, se comparte conocimiento del código y aplicaciones con otros desarrolladores.

	Relación con el entorno (Auto-eco-producción: producción de efectos en el entorno y en la propia organización)	- Creación de un mercado no explotado: captación de estudiantes con buena capacidad económica, pero no pueden asistir a cursos presenciales porque no tienen tiempo o no tienen interés por la formalidad presencial, entre otros. - Se producen cambios en el código fuente del SW libre adoptado que se comparten con comunidades de desarrolladores internacionales, los cuales generan nuevas versiones del SW que son a su vez trasladadas a la USC y a otras instituciones como actualizaciones y mejoras en el SW. La USC se abre a otras Universidades internacionales compartiendo desarrollos y conocimiento respecto a la plataforma virtual (la adopción de SW libre provoca interacciones con otros en el cual se pasa de usuario a creador de adaptaciones). - Se incentiva una nueva cultura para la educación en el mercado. Aprendizaje más exigente y flexible, mayor disciplina requerida. - Estudiantes satisfechos por el servicio recomiendan a otros. Mayor confianza en el mercado.
	Causalidad Lineal (producción de efectos u objetos)	- Producción de educación virtual como un servicio. - Producción de contenidos educativos virtuales. - Producción de programas de postgrado virtuales: especializaciones. - Producción diplomado MEQUEDO. - Producción de cursos virtuales transversales en Programas presenciales de Pregrado.

Tabla 12.2. Efectos del Software Libre adoptado sobre la Auto-eco-organización USC.
Fuente: Síntesis por José Julián Reina (2010).

5. Conclusiones

Desde el enfoque de complejidad se puede observar que los impactos del Software Libre sobre la organización pueden ocurrir en todas las causalidades tratadas al caracterizar la auto-eco-organización. Al contrario del Software Propietario, cuyo impacto se presenta solamente en los procesos caracterizados por causalidades lineal y circular retroactiva, pero no en la recursiva. Significa que el impacto principal del Software Libre se encuentra en el *potencial recursivo*, es decir, en promover la auto-producción de la organización. Sin embargo, en las circunstancias en que el potencial para la auto-producción no es aprovechado por la organización, entonces el impacto del Software Libre, en términos organizacionales es equivalente al del uso del Software Propietario.

Se observó, además, que cuando la organización logra aprovechar el potencial para la auto-producción, entonces, es posible también impactar sobre el entorno, eco-produciendo y eco-organizando el contexto. En conclusión, la capacidad de aprovechar el Software Libre por parte de la organización, en términos de complejidad, coadyuvaría que la organización se comporte como lo hace una estructura disipativa, es decir, realizando un proceso disipativo, el cual, por una parte, crea desorden y simultáneamente, por la otra, crea orden; aprovechando el orden-desorden del medio y su propio orden-desorden.

En el caso de la USC, el mayor impacto que provocó la adopción de Software Libre fue la Educación Virtual y con ella una nueva estructura organizacional instanciada en la Unidad de Educación Virtual y sus relaciones con otros programas académicos.

El Software Libre no es el agente generador de innovación, pero posibilitó que unos sujetos imaginativos y creativos pudieran explotar sus ideas. Así, se refuerza la sensación de poder de los sujetos y se contagia el espíritu de colaboración. Es un impacto psíquico: refuerzo de la autoestima, creatividad, colaboración y superación.

Las ideas hasta aquí planteadas iniciarán un nuevo ciclo de transformaciones y desarrollos a partir de su control por nuevas informaciones obtenidas en entrevistas, documentos institucionales y lecturas de profundización del autor en conceptos relacionados con los enfoques de complejidad.

Bibliografía

Arroyave, Yaira. 2007. "Colombia ya no le teme al Software Libre". En Periódico *El País* [citado 20-11 2007]. Disponible en http://geotux.tuxfamily.org/83/index.php?option=com_content&task=view&id=98&Itemid=11 .

Calvo, Jorge. 2004. "Panorámica del Software Libre en Colombia". En *Revista Sistemas*. 90 (Edición Especial). Pag: 1-3. Disponible en http://www.acis.org.co/memorias/SalonInformatica/XXIVSalonInformatica/ElSoftwareLibreenColombia.doc .

Comunidad DragonJar. *Comunidades de Software Libre en Colombia*, 2009 [citado 30-11 2010]. Disponible en http://www.dragonjar.org/comunidades-de-software-libre-en-colombia.xhtml

Dávila, Manuel. *El Software Libre en Colombia*, 2007. [citado 20-11 2009]. Disponible en http://especiales.universia.net.co/dmdocuments/El_software_libre_en_Colombia.pdf

Maturana, H. & Varela, F. 1996. *El Árbol del Conocimiento: Las Bases Biológicas del Entendimiento Humano*, 13ª Edición. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, S.A.

Maturana, H. & Pörksen, B. 2004. *Del Ser al Hacer: Los Orígenes de la Biología del Conocer*, 1ª Edición. Santiago de Chile: LOM Ediciones.

Morin, E. 1994. La Complejidad y la Empresa. En *Introducción al Pensamiento Complejo*, traducción a cargo de Marcelo Pakman, 1ª Edición. Barcelona, España: Gedisa Editorial, S.A. Pag: 121-131.

Navarro Cid, José. 2000. *Las Organizaciones como Sistemas Abiertos Alejados del Equilibrio*. Tesis Doctoral (Psicología). Universidad de Barcelona. Pag: 115-230

Prigogine, I. 1989. "Filosofía de la Inestabilidad". En *Futures.* 21(Issue. 4):396-400.

Reina, José J. *La Transformación Educativa en las Empresas*, 2010 [citado 30-11 2010]. Ensayo desarrollado en el diplomado en transformación educativa de la Multiversidad Mundo Real Edgar Morin. Disponible en http://www.transformacioneducativa.org/ensayos-estudiantes/Jose_Julian_Reina.doc .

Senge, Peter M. 1990. *La Quinta Disciplina: Cómo Impulsar el Aprendizaje en la Organización Inteligente*, traducción por Carlos Gardini, 1ª Edición. Barcelona, España: Ediciones Juan Granica, S.A.

The Free Software Foundation. 1996. *Free Software, Free Society: Selected Essays of Richard Stallman*, 2nd edition. Boston: GNU Press. Pag: 91. Disponible en http://www.gnupress.org.

CAPÍTULO XIII

Consideraciones complejas de la música tonal

Aportes del paradigma de la complejidad de Edgar Morin

Rosa Iniesta Masmano*

Es complejo aquello que no puede resumirse en una palabra maestra, aquello que no puede retrotraerse a una ley, aquello que no puede reducirse a una idea simple.
La complejidad aparece allí donde el pensamiento simplificador falla, pero integra en sí misma todo aquello que pone orden, claridad, distinción, precisión en el conocimiento. Mientras que el pensamiento simplificador desintegra la complejidad de lo real, el pensamiento complejo integra lo más posible los modos simplificantes de pensar, pero rechaza las consecuencias rutilantes, reduccionistas, unidimensionalizantes y finalmente cegadoras de una simplificación que se toma por reflejo de aquello que hubiese de real en la realidad.
El pensamiento complejo aspira al conocimiento multidimensional.

Edgar Morin

Es un principio inevitable, que toda complejidad y toda diversidad surge de un elemento único, simple, fundado sobre la conciencia de la intuición… así pues, en el fondo de la estructura de la superficie reside un elemento simple. El secreto del equilibrio en música habita, en último término, en la conciencia permanente de los niveles de transformación y en el movimiento de la estructura de la superficie hacia la estructura generatriz inicial (base subyacente) o en el movimiento inverso. El movimiento no sólo se produce de lo simple a lo complejo, sino también de lo complejo a lo simple. Esta conciencia acompaña siempre al compositor, sin ella, toda estructura de la superficie degeneraría en el caos.

Heinrich Schenker

* Universidad de Valencia, España. Datos de contacto. Dirección postal. Avenida La Violeta nº 6, puerta 15, 46360 Buñol (Valencia) España. Te. +34 96 25 03 760 / +34 6 49 18 10 71. Correo electrónico: iniesta.rosa@gmail.com

1. Introducción

Los períodos Barroco, Clasicismo y Romanticismo fueron las épocas en las que se constituyó el repertorio más extenso de composiciones musicales, organizadas a partir de una única base sistémica. Nuestro objetivo es mostrar algunas reflexiones en torno a la organización *interna* de una partitura y algunas de las interrelaciones que se generan entre el sujeto (compositor, intérprete u oyente) y la obra (considerada como objeto e incluso, en algún momento, como objeto/sujeto). Antes de abordar de lleno nuestro cometido, comencemos por definir la obra musical tonal desde la óptica del Pensamiento Complejo de Edgar Morin: un sistema organizado a través de relaciones dialógicas, recursivo-retroactivas y hologramáticas entre sonidos temperados y silencios, en el que los elementos/eventos, generados y generadores, son, al mismo tiempo, antagonistas, complementarios y concurrentes.

El teórico tonal convencional-tradicional del Sistema Tonal separó los constituyentes de la música, los aisló para su observación y no volvió a reunirlos en ninguna acción. El teórico y critico musical Heinrich Schenker (1868-1935), por el contrario, se sitúa frente a su objeto de estudio tratando de articular, por analogismos e isomorfismos, el funcionamiento estructural de la mente y el alma humanas y la actividad de las transformaciones que se operan en la organización tonal, basándose en la idea de movimiento, idea que muestra Schenker como lugar común para los desarrollos musicales y vitales del individuo. Este isomorfismo hace que las reflexiones de Schenker expongan las cualidades del objeto, la composición tonal, como un reflejo de la Naturaleza, de la que el creador forma parte, hasta el punto que el *objeto* llega a tomar la apariencia del *sujeto*: "La Música no es sólo un objeto de consideración teórica. Es un sujeto, tal y como nosotros mismos somos sujetos. Incluso la octava, quinta y tercera de la serie de armónicos son un producto de la actividad orgánica del tono, tal y como los impulsos de lo humano devienen orgánicos"[1] (Schenker 1979:9).

Toda modificación significativa en la disposición de las partes, constituyentes de las estructuras internas de una obra musical, crea otro sistema dotado de cualidades diferentes, es decir, una composición diferente, o lo que es lo mismo, la diversidad en la unidad y viceversa. Los escritos de Schenker exponen el Sistema Tonal como una *complexión*, es decir, un conjunto de partes interrelacionadas de las que emergen los principios recursivo-retroactivo, hologramático y dialógico (Iniesta 2009a). Morin nos dice: "¿Qué es un sistema? Es una relación entre partes que pueden ser muy diferentes entre sí y que constituyen un todo a la vez organizado, organizante y organizador" (Morin 2010: 147). En la concepción sistémica-organizacional de Edgar Morin encontramos la asociación de lo uno y lo diverso. La *Unitas Multiplex* reúne en lo *uno* diversidad, relatividad, alteridad, incertidumbres, ambigüedades, dualidades, escisiones, antagonismos; necesita, para emerger, de su entorno y de su observador-conceptuador.

[1] Todas las citas de este artículo procedentes de libros en inglés o francés han sido traducidas por mí.

2. El material sonoro organizacional/organizado de la música tonal

Desde el Barroco, el material sonoro con el que se componen las obras de la cultura musical clásica occidental[2], está constituido por un conjunto de alturas (sonidos) fijadas en el espacio acústico, denominadas "temperadas", y que se consiguen a partir del principio de igualdad de las distancias (intervalos[3]) entre ellos. De este modo, cualquier octava (por ejemplo de Do3 a Do4) queda divida en doce distancias iguales de semitono, dando la suma de dos de ellos el resultado de un tono[4]. No obstante, el sistema basado en la igualdad de distancias, sólo pudo generarse a través de la diferenciación. En el Sistema Tonal podemos considerar diferencias *constitutivas* a las cinco distancias de tono y dos de semitono que contiene cada escala. Las diferencias *distintivas* (Bohn 1992), añaden cualidad a la cantidad, tornándose genésica la *distinta* ubicación de los dos semitonos, produciendo la emergencia de dos sucesiones *antagonistas*, *complementarias* y *concurrentes*. En resumen, las dos escalas tonales se ordenan por *tonos y semitonos* equidistantes entre sí y son denominadas *mayor* o *menor* según sea el primer intervalo de tercera a partir de la tónica[5] o primer grado[6] (*mayor* o *menor*) (Iniesta 2007: 398-405), lo muestra nuestro primer ejemplo.

Ejemplo 1.

Modo mayor: Do Mayor								Modo menor paralelo de Do M: Do menor[7]							
1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º
do	re	mi	fa	sol	la	si	do	do	re	mib	fa	sol	lab	sib	do
t	***t***	***s***	***t***	***t***	***t***	***s***		***t***	***s***	***t***	***t***	***s***	***t***	***t***	

Estos dos tipos de sucesiones son las únicas posibles en el Sistema Tonal[8]. No obstante, a partir de la equidistancia entre las alturas, tenemos la posibilidad de formar escalas ordenadas de la misma forma consecutiva, partiendo de cada uno de estos doce sonidos temperados[9]. De manera general, reductora y simplificante, la armonía

[2] Abstraemos para nuestro análisis/síntesis la denominada (no sin controversias) "música clásica", puesto que la "música tradicional" es la otra segunda mitad de la cultura musical occidental.

[3] **Intervalo**. Distancia entre dos notas. Los intervalos se denominan en función de la cantidad de notas que separan la primera de la segunda (un intervalo do-re será de 2ª M; do-mi, de 3ª m; do-sol, de 5ª Justa…).

[4] En realidad, se trata de un principio *imposible*, puesto que las divisiones de la octava no llegan a ser totalmente iguales, y *antinatural*, puesto que no coincide con los armónicos internos del sonido que le dan forma.

[5] **Tónica**. Función que desempeña un grado cuando se expresa como objetivo.

[6] **Grado.** Número de orden de un sonido de una escala.

[7] Modelo: escalas de Do mayor y su paralelo Do menor. Toda escala mayor posee su relativo menor, que es aquella escala construida con los mismos sonidos, pero que parte de uno que se encuentra situado a distancia inferior de tercera menor. Relativos: Do mayor/La menor; Re mayor/Si menor… Por otro lado, está el modo paralelo. Dos modos son paralelos cuando el sonido de inicio y de llegada es el mismo, es decir, tienen la misma tónica, pero una sucesión es de forma mayor y la otra de forma menor. Paralelos: Do M/Do m; Re M/Re m…

[8] El compositor cuenta con el recurso de la mezcla o mixtura de modos.

[9] Podemos tomar cualquier sonido temperado, por ejemplo Sol, y utilizando los sonidos temperados convenientes, construir una escala mayor conservando el orden t-t-s-t-t-t-s. Por ejemplo, Sol Mayor: sol-la-si-do-re-mi-fa#-sol; Do menor: Do-re-mib-fa-sol-lab-sib-do; Fa# Mayor: fa#-sol#-la#-si-do#-re#-mi#-fa#.

tradicional-convencional ha otorgado una función, un papel genérico a desempeñar, a cada uno de los grados de las dos escalas. Por otro lado, encontraremos que si sobre cada una de las notas de la escala colocamos en disposición vertical dos sonidos a distancia de un intervalo de tercera, únicamente con aquellos propios de la escala en cuestión, obtenemos simultaneidades que la teoría denomina *tríadas o acordes de tres sonidos*. Las funciones generalizadas otorgadas son las mismas para los grados melódicos o armónicos, pero para distinguirlos, el código de la armonía convencional los representa con números romanos en el caso del acorde y arábigos en el caso de las notas en disposición melódica. Tomando como ejemplo la escala de Do mayor, la funciones convencionales son: **1º** (do) - **I** (do-mi-sol[10]): *Tónica*; **2º** (re) - **II** (re-fa-la): *Supertónica*; **3º** (mi) - **III** (mi-sol-si): *Mediante*; **4º** (fa) - **IV** (fa-la-do): *Subdominante*; **5º** (sol) - **V** (sol-si-re): *Dominante*; **6º** (la) - **VI** (la-do-mi): *Submediante*; **7º** (si) - **VII** (si-re-fa): *Sensible*.

3. Teoría tradicional/simplificación - teoría schenkeriana/somplejidad

El primer compendio teórico tonal aparece en 1722 con el *Tratado de Armonía* de Jean-Philipe Rameau[11], intentando clasificar por similitud los fenómenos verticales o acordes, tratando de eludir lo melódico, lo horizontal, de la época anterior. La descripción sistemática y estadística de los elementos tonales configura desde entonces los tratados sobre la armonía, la melodía y la forma musicales, los cuales continúan apareciendo en la actualidad siguiendo los mismos preceptos: un conjunto de reglas que son utilizadas para elaborar pequeñas unidades tonales y para descomponer las organizaciones-composiciones musicales del Sistema Tonal[12]. En estos tratados no existe explicación teórica, sino descripción, catalogación e imposición de agrupamientos sonoros en función de una jerarquía superior del estado vertical. La teoría tradicional de la música sigue los principios de disyunción, reducción y abstracción, cuyo conjunto constituye lo que Morin llama el «paradigma de simplificación»: "conjunto de los principios de inteligibilidad propios de la cientificidad clásica y que, unidos unos a otros, producen una concepción simplificante del universo" (Morin 1984: 385), en contraposición a lo que ha denominado

[10] Léanse los acordes en vertical:

Sol	La	Si	Do	Re	Mi	Fa
Mi	Fa	Sol	La	Si	Do	Re
Do	Re	Mi	Fa	Sol	La	Si

[11] Jean-Philipe Rameau fue uno de los compositores franceses más importantes del siglo XVIII y un eminente teórico musical. En 1722, escribió su *Tratado de Armonía*, la obra que constituye la primea gran síntesis de la armonía. En 1723 se trasladó a París para enseñar clavicémbalo y teoría musical.

[12] La teoría tradicional de la música vive en este reino determinista donde no hay lugar para la incertidumbre, para el azar, para el desorden, para otra dimensión que sea no-lineal. La enseñanza de la teoría de la música consiste, por un lado, en identificar o escribir pequeñas unidades musicales y, por otro, describir unidades más extensas en función del reconocimiento de las características temáticas. Lo que aprende el alumno o la alumna acerca de la música: "es simplemente una forma de nomenclatura con la cual puede dirigir una "excursión" descriptiva a través de una composición, señalando cada una de sus características y cada uno de sus acontecimientos más obvios" (Salzer 1990: 9. Prólogo, L. Mannes).

«paradigma de la complejidad»: "conjunto de los principios de inteligibilidad que, unidos los unos a los otros, podrían determinar las condiciones de una visión compleja del universo (físico, biológico, antropo-social)" (Morin 1984: 385). La teoría tradicional de la armonía se ha configurado como una estadística: lo diferente es considerado como excepción que confirma la regla, estableciendo la norma como *ley*, haciendo sentir una gran necesidad de otras perspectivas teóricas, en las que la norma obligatoria se transforme en procedimiento para alcanzar la inteligibilidad de la organización: "El aspecto estadístico ignora, incluso desde la perspectiva comunicacional, el sentido de la información, no aprehende más que el carácter probabilístico-improbabilístico, no la estructura de los mensajes y, por supuesto, ignora todo el aspecto organizacional" (Morin 1994: 50).

La visión simplificadora de la teoría tradicional de la música tonal, en su consideración descriptiva y desintegradora, separa lo armónico, lo melódico, lo rítmico y lo formal; describe los acordes en sucesiones lineales deterministas denominadas progresiones, en las que tal causa supone tal efecto en dirección de la flecha del tiempo, por lo que explica una temporalidad única; lo armónico, exclusivamente vertical, se contrapone a lo melódico u horizontal. Todo se distribuye en compartimentos estancos; se describen las partes, se considera la norma como objetivo y aparece la unidad global de la obra disgregada, despojando a cada acorde, a cada sonido, a cada elemento/evento de su conexión interna con todo lo demás. Las partes diseminadas para su observación, a través del proceso analítico tradicional, no se integran en la unidad de la obra. Se separan todos los fenómenos dentro de un universo cerrado e ininteligible, en el que todo se concibe en el seno del determinismo causa-efecto, tanto para la dimensión espacial, que contempla la sucesión de los acordes como suma-encadenamiento lineal, como para la dimensión temporal, que concibe únicamente el discurrir de la flecha del tiempo.

Heinrich Schenker publica en 1906 su tratado de *Armonía* (Schenker 1990), *Harmonielehre*, observando desde otro ángulo las relaciones entre las partes y el todo. El pensamiento schenkeriano surge paralelo a las corrientes transformadoras científicas, artísticas y filosóficas que se manifiestan en ese momento[13]. En este tratado, criticado duramente como tal[14], se trasluce la idea de explicar los acontecimientos que se producen en la composición, desde el punto de vista de la organización de las relaciones. En *Harmonielehre* se vislumbra la necesidad de comprender el Sistema Tonal desde una perspectiva nueva, que permita observar la interrelación e interacción entre el análisis y la síntesis, así como entre lo horizontal y lo vertical, es decir, entre el contrapunto[15] y la armonía[16]. Schenker no rechaza los

[13] "Para Schenker, la tonalidad es natural y normativa, determinando a su vez, estructura y forma (…). La comparación entre Einstein y Schenker es aún más conveniente si se tienen en cuenta los conceptos jerárquicos dentro del ala conservadora de la cultura musical durante los años de Berlín de Einstein" (Galison 2008: 174).

[14] Véase el "Prólogo" a la edición española de Harmonielehre (Schenker 1990).

[15] **Contrapunto**. Técnica de escritura que consiste en superponer varias melodías independientes generando su interdependencia en un tejido complejo. Prevalece la idea horizontal. En el discurrir histórico, precede a la **Armonía**, en la que se considera más importante su carácter vertical.

conocimientos anteriores de la armonía tradicional, sino que los integra en su perspectiva considerándolos válidos, aunque no suficientes. A través de las nociones fundamentales de *vínculo, asociación motívica, niveles de transformación, estructura y prolongación, coherencia y crecimiento orgánico*, *paralelismos,* de la inseparabilidad entre la *armonía* y el *contrapunto*, así como entre el *análisis* y la *síntesis*, abre nuevas vías hacia la comprensión de la organización musical. No obstante, el procedimiento analítico de Schenker ha sido considerado como patrimonio del reduccionismo (Iniesta 2007-2008: 229-246), al haber sido entendidas las estructuras comunes a toda organización tonal como *la reducción de la obra a una estructura simple*, observable mediante una serie de gráficos ideados por Schenker y que han sido traducidos en su carácter reductor, en lugar del integrador propuesto por nuestro teórico, que nosotros rescatamos de sus trabajos originales. Morin nos recuerda que "una obra de arte, musical, es irreductible" (Morin 2009).

La primera gran intuición schenkeriana fue concebir –descubrir- que la construcción tonal se organizaba a través de la relación, del *"vínculo"* existente entre todos y cada uno de los elementos de la obra: "ninguna actividad humana puede desarrollarse sin la ayuda de la asociación de ideas, ni la reflexión intelectual, ni la creatividad" (Schenker 1990: 39-40). Para Schenker, la asociación de ideas se produce en el interior de la composición a través del motivo[17]: "El motivo y sólo él es la única asociación de ideas que puede ofrecer la música. El motivo es la primera asociación fundamental y ante todo *congénita*. El motivo, así, está llamado a sustituir en la música aquello que las otras artes poseen gratuitamente, es decir: la eterna y poderosa asociación de ideas de la naturaleza" (Schenker 1990: 40).

4. La consideración del espacio tonal

4.1. Paradigma de bucles tonales

Las notas de las escalas ordenadas ascendente o descendentemente no tienen otra relación que la continuidad de los grados conjuntos, para los que el punto de partida y, al mismo tiempo, el punto final es una misma *tónica*. La escisión diatónica que realizan los semitonos no perturba el orden de sucesión global. En este sentido, las escalas sugieren un estado estacionario, invarianza, constancia, equilibrio. Sin posibilidad de regulación homeostática, las escalas se muestran como material muerto globalmente

[16] **Armonía**. Desde el siglo XVIII, refiere a la relación (en la armonía tradicional se denomina *encadenamiento*) entre los acordes (encadenamientos, progresiones) en su dimensión vertical, por oposición a la dimensión horizontal del contrapunto.

[17] **Motivo**. Célula melódica mínima que aparece al comienzo de la obra y que contiene las relaciones informacionales y las instrucciones que originan el proceso organizacional de la composición. Normalmente, está constituido por uno o dos bucles del Paradigma de Bucles Tonales. (Véase epígrafe 3 del presente artículo).

consonante, carente de vida, pues un ser viviente sin homeostasis[18] "se desintegra en tanto que máquina y en tanto que ser" (Morin, 1977: 225). No obstante, en el seno de esta consonancia global, que es la escala, existe incipiente la posibilidad de desorden activo: la disonancia[19]. Aquí, vemos surgir la presencia del sujeto: manejando (compositor), trasmitiendo (intérprete), gozando (oyente) de la interacción fenomenológica físico-acústica disonancia/consonancia. El sujeto, actor y testigo de la reorganización permanente que se produce, embuclándose con la relación dialógica orden/desorden, se incorpora a la organización organizando, elaborando y/o una serie de gradaciones de las propiedades consonantes o disonantes de los intervalos o distancias, que forman dos o más sonidos con respecto al primer grado o Tónica. Recordando siempre que lo importante no son los sonidos, sino, como en todo sistema, la relación que existe entre ellos (Bertalanffy 1976), el material se desdobla, se multiplica, a veces se silencia, se interpola, se expande ocupando las ondas un espacio aéreo, quizá etéreo: "Como la imagen de nuestro movimiento de vida, la música puede alcanzar un estado de objetividad, nunca, por supuesto, hasta el punto de necesitar abandonar su propia naturaleza específica como arte… puede perseguir su curso mediante asociaciones, referencias y conexiones; puede utilizar repeticiones de la misma sucesión tonal para expresar diversos significados; puede simular expectación, preparación, sorpresa, decepción, paciencia, impaciencia y humor" (Schenker 1979: 5).

Un sonido temperado aislado no produce ninguna información. Si no hay relación interválica, horizontal o vertical, no hay nada. Dependiendo del sonido con el que la fundamental[20] entra en relación (do-re, do-mi…), este sonido de base exhibe propiedad disonante (do-re, do-si), consonante (do-do, do-sol) o semi-consonante (do-mi, do-la, do-fa). Un sonido disonante busca su movimiento, por atracción fenomenológica físico-acústica, hacia un sonido consonante. Este es el procedimiento por el cual la música tonal genera en el oyente la ilusión de movimiento. A pesar de que una escala muestra un estado de equilibrio, la producción de un movimiento inverso desde un mismo sonido (ascendente *versus* descendente), produce desorganización en el seno de la sucesión[21], que, en su reorganización preparatoria a la composición, genera un nuevo estadio de orden: una jerarquía de parejas organizadas en función de la cualidad organizacional que poseen, de nuevo, con respecto a la tónica. Sobre la tónica gira la organización tonal. La obra tonal, el todo, tiene un

[18] En este momento, hablamos de homeostasis como medio. "Desde la época de Bernard existen dos definiciones de homeostasis: 1) como un *fin* o estado, específicamente la existencia de cierta constancia frente al cambio (externo), y 2) como un *medio*: los mecanismos de retroalimentación negativa que intervienen para minimizar el cambio" (Watzlawick 1991: 136).

[19] **Disonancia**. Relación interválica que corresponde a la distancia de segunda (grados conjuntos) a sus inversiones séptima u octava y a todos los intervalos aumentados o disminuidos (a partir de octavo armónico). **Consonancia**. Relación interválica que corresponde con los siete primeros armónicos. Son consonancias perfectas la octava, la quinta y la cuarta, y semi-consonancias, la tercera y la sexta. La disonancia y la consonancia son antagonistas, complementarias y concurrentes.

[20] Fundamental. Nota de base desde la que se origina el acorde, por ejemplo, en Do-Mi-Sol, es Do.

[21] Por ejemplo, en la escala ascendente de Do mayor escuchamos Si→Do. Si es disonante y se dirige a Do, consonante. Pero si producimos Do → Si, este último busca fenoménicamente otro Do, para mantener un mayor estado de equilibrio, que si siguiese descendiendo a La.

objetivo esencial: conseguir definir cuál es la tónica de la composición, lo que se logrará mediante diversos recursos (melódicos, armónicos, rítmicos), generando procesos de tensión (disonancia-desequilibrio) y distensión (consonancia-equilibrio) que, constituidos como partes, se expanden y extienden hasta llegar al último compás, donde la organización re-encontrará la tónica inicial pronunciando las palabras de Eliot: "Nunca cesaremos de buscar y, sin embargo, la meta de todas nuestras búsquedas será retornar al punto de partida y conocer ese lugar por primera vez" (Pujals 1990:158). El ejemplo siguiente muestra las interacciones fundamentales de la consonancia (equilibrio) y de la disonancia (desequilibrio) en el Sistema Tonal. Cada término de la pareja otorga y recibe identidad del otro término. En otros lugares lo he denominado Paradigma de Bucles Tonales (Iniesta 2009, 2010a, 2010b, 2010c).

Ejemplo 2. Paradigma de Bucles Tonales

7/1
4/3(b)[22]
(b)6/5
2/3(b)
2/1
5/5
5/1

V/I

4.2. La información genésica, genérica, generadora y organizacional

Las relaciones de esta base sistémica están formadas por encuentros concurrentes / antagonistas / complementarios de sonidos que llevan en sí mismos, por relación a la tónica, la información de la disonancia (sonidos de la izquierda) o la consonancia (sonidos de la derecha). Un bucle es un bit, un holograma, una unidad informacional compleja. La interacción de los dos elementos sonoros se produce de forma rotativa en tanto que, al escuchar el segundo, volvemos retroactivamente al primero a través de la función de la memoria (recuerdo/olvido). Mediante la comunicación-computación de la información del bucle hologramático, éste se torna genésico, genérico, generador y organizacional. De este modo, en el seno de la relación dialógica informacional disonancia/consonancia, se produce el bucle recursivo-retroactivo, hologramático y dialógico tonal. Los bucles de nuestro paradigma están ordenados jerárquicamente en función de la cualidad de la información sobre la Tónica que contienen y trasmiten. En sus elementos constitutivos se observa el antagonismo, la complementariedad y la concurrencia complejo-morinianas.

La cualidad informacional de nuestro paradigma emerge de la actividad físico-acústica de los bucles. El primero, 7/1, formado por el único intervalo de semitono en dirección ascendente, nos informa de *cuál* es la tónica y carece de ambigüedades, puesto que siempre que el oyente escucha este bucle, computa la misma información:

[22] El bemol entre paréntesis indica que sin él estaríamos en modo mayor; con él en modo menor.

el primer elemento es la sensible y el segundo es la tónica[23]. El segundo bucle, 4/3, nos informa de *cómo* es la tónica: mayor o menor, pero exhibe ya cierto nivel de ambigüedad, puesto que al igual que el tercero, 6b/5, lo constituye un semitono descendente que puede ser computado, bien como 4/3 de un modo mayor, bien como 6b/5 de su relativo menor. En cada uno de los bucles restantes se incrementa progresivamente el nivel de ambigüedad informacional hasta llegar al último, en razón de su posibilidad de existir como tono, unísono o quinta de diversas escalas. Uno de los recursos del Sistema Tonal es la generación de ambigüedades informacionales y su resolución posterior, lo que un compositor consigue utilizando convenientemente los bucles de nuestro paradigma. Un bucle posee en sí mismo propiedades que son inhibidas en el contacto con aquellos que se sitúan en las otras tres voces (constreñimientos) y, al mismo tiempo, del nuevo entramado emergen propiedades nuevas, nuevas cualidades informacionales del todo-acorde primero, de la cadencia después (emergencias). Los bucles se restan ambigüedad entre ellos cuando conforman un acorde e igualmente ocurre con los acordes de la cadencia y con cualquier parte con respecto a la composición completa. El sujeto oyente percibe y computa la información emergente. La organización de la base sistémica, Paradigma de Bucles Tonales, asegura solidaridad y solidez relativa al futuro sistema: la obra tonal. Los bucles son elaborados, interpolados, suspendidos, prolongados melódica, armónica y rítmicamente, utilizando también el silencio. La organización generada a partir de las uniones de los bucles asegura al sistema una cierta posibilidad de duración, a pesar de las perturbaciones aleatorias que puedan producirse en el discurso musical.

Sabemos que los conceptos de organización y de sistema están unidos por el de interrelación, puesto que toda interrelación, que esté dotada de cierta estabilidad o regularidad, adquiere carácter organizacional y produce un sistema (Morin 1977). Así, la interrelación de cuatro bucles de nuestro paradigma, dotados de propiedades estables o regulares y configurando un tejido contrapuntístico/armónico, adquiere carácter organizacional y produce un sistema: la cadencia[24] perfecta I-V-I (Ejemplo 4) (Iniesta 2010e). El compositor dispone de cuatro voces básicas que abarcan los ámbitos espaciales de altura sonora o registros: bajo, de mi_2 *a* mi_4; tenor, de do_3 a do_5, contralto, de mi_3 a mi_5 y soprano, de do_4 a do_6. El tejido musical se consigue, en primera instancia, colocando en cada una de las cuatro voces, o líneas melódicas, uno de los bucles. Con tres de ellos ya se consigue un acorde funcional con propiedades disonantes (Dominante[25]) y otro con propiedades consonantes (Tónica). En nuestro Paradigma podemos ver que el movimiento o discurrir horizontal produce la emergencia de lo vertical en relación dialógica: V/I. Completando este bucle con el I

[23] La Tonalidad encontró su origen en la afinación temperada de la relación sensible-tónica (7/1 por semitono), poderosa en función de la información que aporta con relación al punto de referencia principal: la tónica.

[24] **Cadencia**. Serie de acordes que indica una detención del movimiento (final o intermedio). La cadencia perfecta (I-V-I) es isomórfica al punto, la cadencia imperfecta al punto y coma y la cadencia rota a la coma (y a la pregunta semántica, mientras que I-V-I, a la respuesta).

[25] **Dominante**. Función de los acordes del V y del VII por su poder conductor hacia el I en función de Tónica.

previo (la Tónica), con el que comienza toda composición tonal, obtenemos la progresión[26] I-V-I, que se convierte en un nuevo holograma: esta primera progresión de ámbito local, se transforma en la estructura a gran escala que soporta el edificio sonoro, a través de los procedimientos de prolongación[27] que se insertan entre los puntos estructurales. I, V y I son los pilares internos subyacentes en toda obra tonal. Las estructuras recurrentes y recursivas I-V-I de la composición son dinámicas y su movimiento de transformación se produce en todas direcciones, en los tres niveles organizacionales, sobre los que nos detendremos en el epígrafe siguiente (apartado 4.2.). A través de la ostentación tonal continua de la actividad del bucle disonancia/consonancia, descubrimos que los términos que lo conforman son inseparables, pero relativamente distinguibles a partir de su fenomenología. Aquí emerge la sistémica Tonal, puesto que la idea de interrelación remite a los tipos y formas de unión entre elementos o individuos, entre estos elementos/individuos y el Todo; la idea de sistema remite a la unidad compleja del todo interrelacionado, a sus caracteres y sus propiedades fenoménicas; la idea de organización remite a la disposición de las partes *dentro*, *en* y *por* un Todo (Morin 1977).

4.3. El espacio complejo horizontal/vertical[28]: contrapunto/armonía[29]

Los elementos básicos, los sonidos, se disponen ante la mirada schenkeriana en un orden en dos direcciones interrelacionadas: la horizontal y la vertical. Schenker integra, en la idea de orden y de crecimiento por prolongación entre dos puntos estructurales, la noción de interacción entre el contrapunto y la armonía[30], lo que desde la óptica moriniana consideramos los bucles contrapunto/armonía y horizontal/vertical, a partir de las cualidades antagonistas, complementarias y concurrentes de los dos elementos constituyentes de estas relaciones dialógicas y de su actividad organizacional. El principio unificador, o el *vínculo* entre las partes y el todo, fue concebido a partir de la idea de *conducción de la voz*[31]. La teoría schenkeriana toma

---

[26] **Progresión.** Conjunto de elementos armónicos que exponen un acorde como objetivo a través de su dominante o/y con alguna (o algunas) función de subdominante (ejemplo: I-V-I; I-IV-V-I; I-VI-IV-II-V-I).

[27] **Prolongación.** Expansión de un acorde en un determinado número de tiempos de compás o de compases. Es el acontecimiento que se encuentra entre dos puntos estructurales.

[28] "En música, las dimensiones horizontal y vertical contienen eventos melódicos, harmónicos, contrapuntísticos y rítmicos, que forman un único, aunque verdaderamente complejo, continuum" (Schenker 1969: 15).

[29] Véase supra nota nº 21.

[30] "Usando los principios básicos de la consonancia y disonancia del contrapunto en especies, Schenker identifica un números de unidades lineales comunes que denomina disminuciones. Sus análisis, en su nivel más simple, muestran cómo esas **unidades lineales prolongan unidades armónicas**. Una prolongación, en otras palabras, es cuando una unidad armónica (tal como la tónica o la dominante) o una nota desde la que la unidad armónica (por ejemplo, la tercera de una tríada de la tónica) es extendida en el tiempo (por un arpegio, por ejemplo)" (Pankhurst 2008).

[31] "El estudio de la conducción de la voz es el estudio de los principios que gobiernan la progresión de las voces *(líneas melódicas)* que forman parte de una composición, observadas tanto separadamente como en combinación. En la tradición schenkeriana, este estudio empieza con las especies de contrapunto estricto,

como modelo el contrapunto desarrollado por Johann Joseph Fux y el Bajo Cifrado[32] de Carl Philip Enmanuel Bach, en el que se contemplan todas las situaciones en las que pueden aparecer los sonidos en su dimensión horizontal y su resultado vertical. La conducción de la voz es para Schenker el hilo conector que consigue la unidad, a pesar del número de compases que pueden separar los elementos que establecen la relación, es decir, de las prolongaciones (interpolaciones, expansiones, desviancias…) de distinta extensión, que pueden ser insertadas entre las dos notas de un bucle convertidas en estructura[33]. La verticalidad, como resultado de la fusión de melodías, ofrecerá una progresión armónica y/o contrapuntística, en la que dos acordes gramaticalmente idénticos podrán observarse desde un prisma funcional distinto, dependiendo de la obra y del momento en particular en el que aparezcan, de su situación dentro del contexto, de su manera de organizar el espacio que ocupa el acontecimiento musical.

4.4. Niveles de organización recursiva-retroactiva/hologramática/dialógica

Schenker quiere demostrar que en la obra tonal se produce un crecimiento orgánico (Iniesta 2010c) soportado por las estructuras recursivas de los tres niveles organizativos de la composición, que él denomina de transformación[34]: *Hintergrund (Background)*, *Mittelgrund (Middleground)* y *Vondergrund (Foreground)*. La unidad que confiere a la composición tonal la estructura subyacente del *background* (I-V-I) es indisociable de la diversidad de acontecimientos que se organizan en el proceso recursivo-retroactivo, hologramático y dialógico de *crecimiento orgánico*[35]. La estructura a gran escala *(background)* I-V-I contiene la información sobre la tónica. Esta información es transmitida al motivo a modo de instrucciones genéticas. El motivo, configurado por la elección del compositor de una o dos parejas del Paradigma de Bucles Tonales, inicia la primera frase melódica de la composición, es decir, del *foreground*: "[El *foreground*] es como una especie de esquema de la secuencia real en la que son registrados todos los eventos armónicos, así como la curva contrapuntística" (Deliege 2005: 156). En el primer compás de cualquier obra tonal, encontramos la progresión cadencial I-V-I de la que forma parte superior el motivo, suponiendo ésta las hebras del tejido que va a elaborarse y que abarcará hasta el último compás, la composición completa. En el ejemplo siguiente, apreciamos gráficamente la noción de

---

un sistema pedagógico concebido por Fux (1660-1741) y estudiado diligentemente por Haydn, Mozart y Beethoven, entre otros" (Forte 1992: 100).

[32] "En el Análisis Schenkeriano, los símbolos (cifras) del bajo cifrado se utilizan en la mayoría de los casos para mostrar la conducción de la voz en el nivel de la superficie (*foreground*), el movimiento momento a momento de las líneas sobre el bajo" (Forte 1992: 108).

[33] Del mismo modo que una pared funciona como prolongación entre dos pilares estructurales en un edificio arquitectónico. El arquitecto, considerando el entorno, decidirá la distancia en la que van a situarse los pilares.

[34] Utilizamos la terminología anglo-americana (*background*, *middleground* y *foreground*), por ser más literal con respecto al original en alemán, y porque alude a la idea de crecimiento.

[35] "Debería haber sido evidente hace tiempo que los mismos principios se aplican a ambos, a un organismo musical y al cuerpo humano: crece hacia afuera desde dentro" (Schenker, 1979: 6).

holograma y de recursividad, así como el circuito pascaliano que Morin no abandona nunca: el todo y la parte se contienen el uno a la otra y la otra al uno.

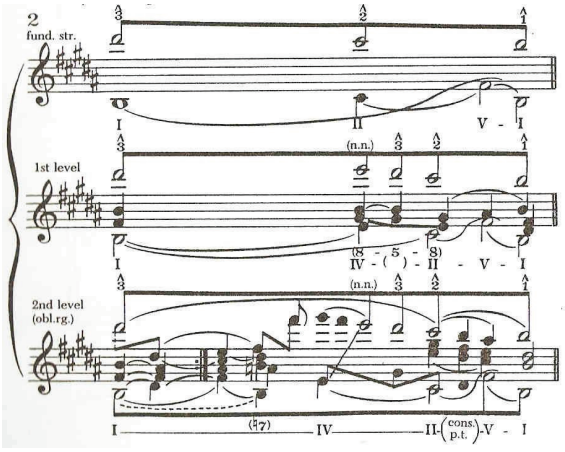
Ejemplo 3.

c. 1				c. final	
I-V-I		(discurso)		I-V-I	(*foreground*)
I	-	V	-	I	(*background*)

Una vez formado, el motivo contiene la información de la tónica trasmitida por la estructura a gran escala y, así mismo, las instrucciones para la generación de transformaciones motívicas, que se asociarán con el motivo original en bucles retroactivos-recursivos (Iniesta 2010c). La información se transmite en todas direcciones y niveles espacio/temporales, generando *itinerarancias*, *desviancias*, encuentros y desencuentros, en palabras de Schenker: "En el arte de la música, como en la vida, el movimiento hacia el objetivo encuentra obstáculos, reveses, decepciones y supone grandes distancias, desvíos, expansiones, interpolaciones y, en resumen, retrasos de todo tipo" (Schenker 1979: 5).

La aportación analítica más importante de Schenker fueron los gráficos, mediante los que se realiza el diseño representacional[36] del *crecimiento orgánico* de una obra. Para ello, el teórico crea sus grafías, otorgando un significado distinto a las figuras de nota tradicionales que, en lugar de significar duraciones diferentes, como en el código de escritura clásica occidental, adquieren un significado jerárquico[37], lo que puede ser apreciado en el siguiente ejemplo de Schenker, extraído de *Free Composition*.

Ejemplo 4. Brahms, Waltz op. 39 nº 1 (Schenker 1979: vol. 2, Fig. 48.2)

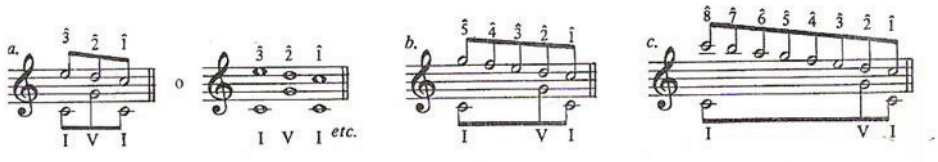


[36] "La palabra «representación» debería emplearse sin ambigüedad para referirse únicamente al medio y nunca al contenido" (Perner 1994: 29).

[37] Así, una blanca será más importante que una negra, y ésta lo será más que una cabeza de nota sin plica. En el ejemplo 5, original de Schenker, las blancas informan de los pilares que soportan el edificio de la composición, mientras que las negras, corcheas y cabezas de nota, indican su papel subordinado a estas notas estructurales. Las ligaduras y corchetes unen las notas, mostrando la relación entre dos sonidos a largo, medio y corto plazo.

Estos gráficos funcionan como una herramienta para visualizar los tres niveles de organización y confieren a la teoría schenkeriana el calificativo de lo que conocemos por *Teoría Representacional* (Bunge 1985)[38]. En los trabajos de todos los investigadores schenkerianistas, podemos encontrar una gran cantidad de obras analizadas y un intento de perfeccionamiento de los gráficos: "Los métodos gráficos que Schenker desarrolló, junto con sus poderosos conceptos de estructura musical, son únicos en la historia de la música y el análisis (…) el significado de los gráficos: (…) representaciones de estructuras musicales" (Forte 1979: XIX). Schenker propuso como primer nivel de organización el *background*, aquel constituido por el número mínimo de elementos puestos en relación y lo consideró como el punto de partida de la composición, prosiguiendo el crecimiento orgánico de la obra en la dirección *de lo simple a lo complejo*.

Ejemplo 5. Formas de la Estructura Fundamental del *background (Ursatz)*



El ejemplo 4 expone la idea original de Schenker que toma como base este primer nivel, *background*, considerándolo el fundamento de la obra, el estado desde el cual el compositor introduce de forma recursiva, a modo de muñecas rusas, un nuevo nivel de acontecimientos: el *middleground*. Así, Schenker continúa el proceso analítico/sintético (como defiende que lo hace el compositor) insertando recursivamente en el *middleground* –y por tanto en el *background*- el tercer nivel, *foreground*, produciéndose el crecimiento orgánico de la obra en dirección al nivel de mayor número de acontecimientos o informaciones, el nivel donde se instala el detalle, lo que ofrece el planteamiento de despliegue y de integración que podemos apreciar en el ejemplo 3. La composición, el todo, se muestra como un tejido complejo de estructuras recursivas sobre las que actúan el ritmo, las agógicas, las dinámicas y el timbre.

Schenker explica que el motivo, la primera célula melódica que se escucha en una obra y que, por consiguiente, inicia el *foreground*, procede de la coherencia del *background*, en tanto que los dos estadios son una *prolongación* melódica y global, respectivamente, de la tónica elegida. Schenker se toma muchas molestias para dejar claro que el *background* es el primer nivel, el punto de partida. El *background* tiene carácter armónico (estabilidad, equilibrio) al constituirse por los pilares del I, el V y el I, mientras que los niveles recursivos del *middleground* se expanden como un entramado contrapuntístico (movimiento, desequilibrio), en el que aparece, en momentos determinados, el motivo convertido en estructura. El *foreground* representa

[38] En una teoría de este tipo se ve representado el proceso a través del gráfico, herramienta para visualizar con claridad, donde puede captarse la realidad de un proceso determinado, en nuestro caso, la obra musical en cuestión (Bunge 1985).

el exterior, organizado a través de las estructuras internas media y subyacente (contrapunto/armonía, horizontal/vertical, disonancia/consonancia, movimiento/estabilidad, equilibrio/desequilibrio). La reciprocidad de la información entre el *background* y el motivo del *foreground* se organiza mediante las estructuras dinámicas intermedias del *middleground.* Los tres niveles son independientes/dependientes. Organizados mediante la información y, a la vez, organizadores de información, se mantienen en interacción constante entre ellos gracias al buclaje horizontal/vertical, por lo que descubrimos que se hayan en relación dialógica, configurando el bucle: *background/middleground/foreground.* Pero el espacio sobre el que se expande una composición tonal no es un espacio en dos dimensiones. El buclaje armonía/contrapunto, horizontal/vertical, genera una dimensión de profundidad no aparente, pero si distinguible.

El schenkerianista Nicolas Cook aborda la dimensión espacial de los niveles de transformación desde un punto de vista no-lineal, integrando de forma recursiva, la dimensión de profundidad: "una tercera dimensión, una dimensión de profundidad, se añade a lo que el mismo Schenker definió en *Kontrapunkt 2* como "causalidad en la dimensión horizontal" (lo que significa lineal) y "causalidad en la dimensión vertical"[39] (lo armónico) (…) Schenker también mostró esta tercera dimensión en términos de causa y efecto, pero parecía haber asociado la palabra "causalidad" sólo con las dos primeras dimensiones (…) es útil poder referirse a causalidad en la dimensión de la profundidad, y así que la llamaré "causalidad axial", pidiendo prestado el término de la distinción posterior de Schenker entre "la conexión axial que funciona horizontalmente en el foreground" y "la cohesión lateral que funciona en el nivel del foreground"[40]" (Cook 2007: 70-71).

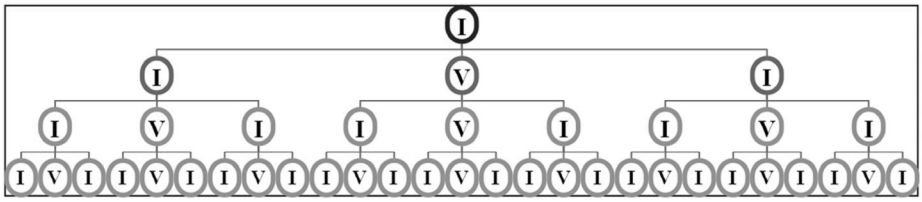
4.5. La espacialidad fractal: otra mirada organizacional tonal

En el discurso musical tonal aparece un fenómeno que la teoría tradicional ha denominado «modulación». Técnicamente es un cambio de tonalidad. Una modulación implica un nivel recursivo dentro del *middleground* y que se manifiesta en el *foreground*. La modulación es la prolongación o expansión espacio/temporal de otro acorde que no es el de la tónica que inicia y finaliza la obra, a través de la utilización de relaciones de la escala propia de ese grado que se prolonga. La modulación genera la dimensión espacial de la profundidad, al implicar una detención estructural del movimiento medio y superior *–middleground* y *foreground*- de la tónica principal, abriendo un paréntesis recursivo en el discurso de la composición. El principio simple de la progresión I-V-I, que se expande como estructura dando lugar al *background*, es susceptible de ser reproducido por iteración en otro nivel expandiendo el V, es decir, que el V podrá ser prolongado como tónica eventual con la presencia de su V. Por el mismo procedimiento, cualquier acorde de una escala podrá ser expandido o

[39] Véase Schenker 1987: 28.
[40] Véase Schenker 1996: 7.

prolongado por modulación[41], funcionando como tónica temporal en un metanivel del *middleground*, generando la profundidad a través de la relación con su V en función de dominante, lo que dará lugar a estructuras recursivas: estructuras dentro de estructuras o metaestructuras, lo que muestra, aunque escuetamente, el siguiente ejemplo.

Ejemplo 6. Un modelo de recursividad en modo mayor a través de la cadencia I-V-I



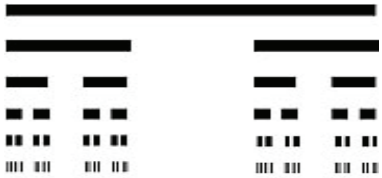
El ejemplo 6 corresponde a una obra tonal de muy baja complejidad[42]. Obsérvese que los círculos que salen del I que representa el todo, corresponden al *background* o primer nivel. Los círculos inmediatamente inferiores, deben considerarse como el *middleground* y los inferiores, el *foreground*. Si nos tomamos la parte central, el V del *background*, podemos apreciar que se ramifica en el *middleground* en una nueva progresión I-V-I, que deberá exhibir los sonidos de la escala de V de la tónica de base, dando lugar a la modulación a dicho V (en Do mayor, una modulación a Sol mayor; en Sol mayor, una modulación a Re mayor…). Esta representación gráfica nos permite la visualización del procedimiento de la iteración, como repetición[43] de una secuencia idéntica de instrucciones o eventos: *la cadencia perfecta I-V-I*. I-V-I siempre contiene la misma información: el I es la tónica, es la referencia *principal* a la que remite el todo organizado, la que da nombre a la *tonalidad* de la obra[44], o a la *modulación* en su caso. Cualquier segmento o parte tonal inteligible se sustenta, de una u otra forma, sobre esta progresión.

Los objetos fractales (Maldelbrot 1988, 1997) se consiguen por el procedimiento de la iteración de estructuras geométricas[45]. Básicamente, los fractales se caracterizan por dos propiedades: *autosemejanza* (o autosimilitud) y *autorreferencia*. La autorreferencia determina que el propio objeto aparece en la definición de sí mismo, con lo que la forma de generar el fractal necesita algún tipo de algoritmo recurrente. La autosemejanza implica *invarianza de escala*, es decir, el objeto fractal presenta la

[41] Menos el VII del modo mayor y el II del modo menor, porque sobre ellos se forma un acorde de 5ª disminuida y el sistema no cuenta con escalas "disminuidas" que los prolonguen; sólo mayores o menores.
[42] Por cuestión de espacio, en el presente artículo no podemos abordar los papeles o funciones que juegan el resto de grados.
[43] "Leonard Berstein, al final de sus conferencias sobre Charles Eliot Norton, impartidas en Harvard en 1973, profesa su fe en el sistema tonal mediante las siguientes frases en tono de salmodia: Creo que de la Tierra emerge una poesía musical que es tonal por la naturaleza de sus fuentes. / Creo que esas fuentes provocan la existencia de una fonología musical que ha evolucionado a partir del universal conocido como serie armónica. / Y creo que existe una sintaxis de igual modo universal, que puede codificarse y estructurarse en términos de simetría y repetición" (Storr 2002: 84).
[44] Hablamos de que, por ejemplo, una sinfonía está en Do mayor o en Re menor.
[45] "Las figuras invariantes en cuestión se obtienen como subproducto del estudio de la iteración, esto es, de la aplicación repetida de una de las transformaciones anteriores" (Mandelbrot 1997: 258).

misma apariencia independientemente del grado de ampliación con que lo miremos. Por mas que se amplíe cualquier zona de un fractal, siempre hay estructura, hasta el infinito, apareciendo muchas veces el objeto fractal inicial, contenido en sí mismo. El fractal más sencillo (ejemplo 7) recuerda al gráfico del ejemplo 6. Lleva por nombre Polvo de Cantor[46] (1883), en honor a su creador, el matemático alemán Georg Cantor, famoso por su teoría de conjuntos. Su imagen muestra una iteración matemática exacta por división entre 3 de las partes, a la par de la elisión de un tercio de la parte[47] y nos recuerda de alguna forma nuestro ejemplo anterior.

Ejemplo 7. Polvo de Cantor



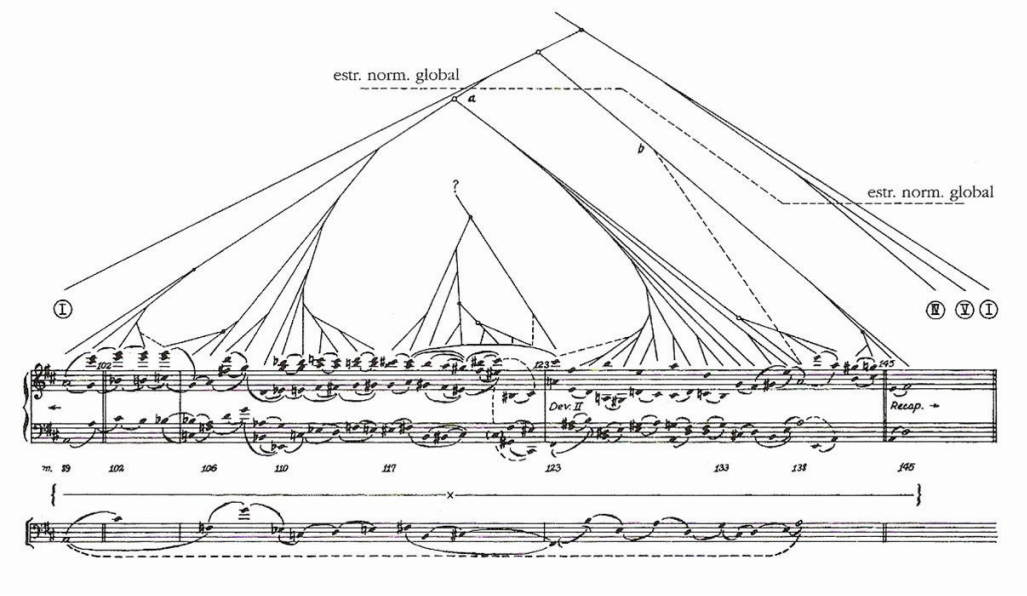
Acercándonos un poco más a nuestro objetivo, en los ejemplos siguientes, podemos considerar un nuevo grado de similitud, si observamos las estructuras recursivas de los niveles de Transformación de Schenker y el denominado "árbol fractal filiforme"[48], muy parecido a los árboles de los schenkerianos Lerdahl y Jackendoff (2003).

[46] Se trata de un subconjunto fractal del intervalo real [0,1], que admite dos definiciones equivalentes: la definición numérica (conjunto de todos los puntos del intervalo real [0,1] que admiten una expresión en base 3 y no utiliza el dígito 1) y la definición geométrica, de carácter recursivo (se elimina en cada paso el segmento abierto correspondiente al tercio central de cada intervalo). La dimensión fractal se encuentra a medio camino entre el punto y la línea. El conjunto o polvo de Cantor tiene una dimensión de Hausdorff menor que la unidad, pues cada vez que la longitud de un segmento se reduce a su tercera parte, sólo aparecen dos trozos más, df =log(N)/log(L/l)= log(2)/log(3)= 0.6309. Es más que una colección de puntos, pero menos que una línea. Cien años después de su creación se ha utilizado como modelo para representar desde la distribución homogénea de los anillos de Saturno a las fluctuaciones en el precio del algodón, hasta las variaciones que el nivel de las aguas del río Nilo ha experimentado desde hace 2000 años. Cuando se genera en tres dimensiones, el patrón del conjunto de Cantor coincide sorprendentemente con la distribución de estrellas y galaxias en el universo.

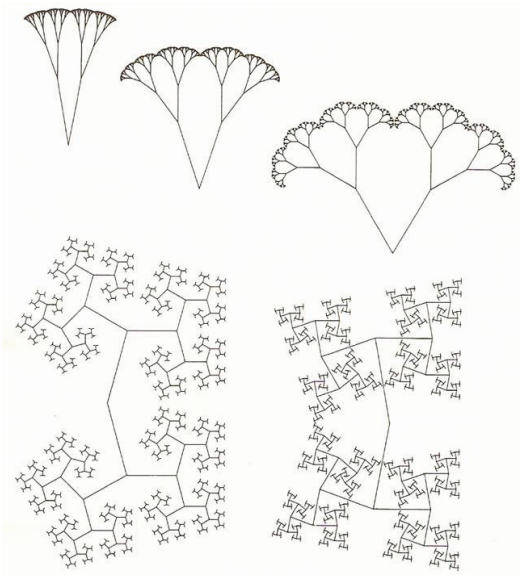
[47] Agradezco aquí las enseñanzas de mi profesor D. Lorenzo Ferrer Figueras (1920-2010), una autoridad internacional de la Sistémica y de las teorías del Caos, en el seno de la Escuela de Investigación Operativa y Sistemas, de la Universidad de Valencia (España).

[48] "A primera vista cada árbol como un todo parece autosemejante, pues cada rama con sus vástagos es una versión a escala reducida del todo. Sin embargo, la unión de las dos ramas que parten de la horcadura principal *no* da el árbol entero a menos que añadamos un residuo (…) uno tiende a dar más importancia a los troncos y las ramas de los árboles que a las puntas de las ramas" (Mandelbrot 1997: 217).

Ejemplo 8. Mozart; Quinteto en Re mayor KV. 593 (comp. 102-145) (Lerdahl, Jackendoff 2003:301)



Ejemplo 9. Árbol fractal filiforme

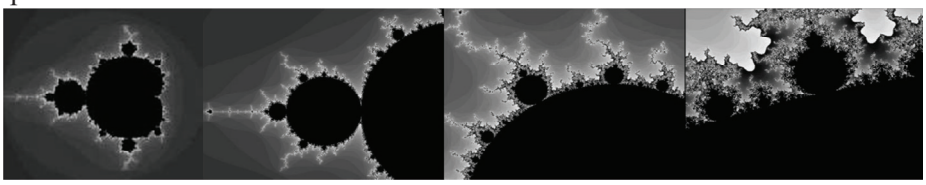


En mi opinión, podemos considerar cierto isomorfismo en el funcionamiento del proceso de crecimiento del contenido que muestran nuestros gráficos musicales y el de las imágenes fractales. La intuición de Schenker sobre las analogías entre la música tonal y la Naturaleza cobran un nuevo significado al descubrir, a través de distintos tipos de gráfico e imágenes de diversos fractales, el isomorfismo de los diseños. Los Niveles de Transformación fueron concebidos por Schenker observando el nivel

recursivo de cada uno de ellos, incluso nos advierte que el *middleground* no siempre está compuesto por el mismo número de metaniveles. Estos varían de obra en obra y generan un tercer nivel, *foreground*, siempre distinto, diverso (como las puntas de los árboles). En el camino analítico de Schenker, *de lo simple a lo complejo*, se descubre que el incremento de complejidad viene dado por una *iteración* la mayor parte de las veces quebrada parcialmente o generando nuevos órdenes, tal y como sucede en los fractales de Mandelbrot, matemático que acuño el término "fractal". En otras ocasiones, la gran diversidad de las formas alcanzadas en el *foreground*, por la transformación de las iteraciones, hace que Schenker considere al *foreground* como la imagen del caos: "La totalidad del foreground, que el hombre llama *caos*, Dios la deriva de Su cosmos, el background. La armonía eterna de Su eterno Comienzo crece de esta relación" (Schenker 1979: xxiii).

En la música tonal, el detalle ínfimo no sólo destruye el proceso, sino que, al mismo tiempo, lo crea a través del bucle generativo orden/desorden/reorganización[49]. El Universo de Mandelbrot (ejemplo 10) es el fractal más adecuado para evocar la imagen de la interacción entre orden, desorden y caos[50] que Schenker intuye y que nosotros explicamos morinianamente: "El "caos" del foreground pertenece al orden universal del background: es uno con él" (Schenker 1979: 161); Todas las breves duraciones del caos del foreground caen en la serie continua sin fin del tiempo del universo; finalmente aprendamos humildemente amar y honrar el caos por el cosmos" (Schenker 1979: 161). Cada micro universo muestra la diversidad de las formas complejas, dentro de la unidad del todo, así como la interacción de orden y desorden (Iniesta 2009b). La iteración de la progresión I-V-I, se produce progresando como la iteración del fractal de Mandelbrot, en la que tras un número determinado de iteraciones se constituyen nuevos órdenes, en donde la continuidad es quiebra, ruptura[51], reorganización permanente. La baja predictibilidad que supone un estado caótico es inherente a las infinitas posibles bifurcaciones (modulaciones) que pueden producirse a lo largo del discurso, por la irrupción de un bucle extraño a la escala de la tónica principal (un 7/1 de otra tonalidad). Así, el orden subyacente, I-V-I, ha sustentado todas y cada una de las obras del inmenso y diverso repertorio de la época tonal (y la historia aún continua).

Ejemplo 10. Universo de Mandelbrot



[49] Recuérdese que el cambio de dirección de do a si, 1-7, al encontrar la disonancia del si, "necesita" redirigirse hacia el do, hacia el elemento consonante.

[50] Los fractales pueden generarse a partir de elementos de la matemática tradicional (fractales lineales) o a partir de **números complejos**. De hecho, el conjunto de Mandelbrot está generado a partir de la iteración de la siguiente expresión compleja: Z^2+W, dónde Z y W son números complejos.

[51] Existe la Música Fractal en el ámbito contemporáneo, pero ese es otro tema.

Después de la observación, del estudio detenido y contrastado de un buen número de análisis schenkerianos de obras tonales, lo que algunos concluyen con la máxima simpleza (a partir de la contemplación del *background* como objetivo), como *"todas las obras tonales son iguales para Schenker"*, desde la perspectiva compleja se nos muestra como uno de los hechos más esclarecedores sobre el Sistema Tonal como organización compleja. Como dice Morin: "hay que concebir que todo sistema es complejo" (Morin 2010). Si existe una base funcional sólida e igual en todas la obras tonales, pero podemos entender que a la vez que nos acercamos a la superficie se van diferenciando más y más, y que el origen de esta diferenciación procede de las elecciones que hace el compositor de unas bifurcaciones (modulaciones, elaboraciones y transformaciones del motivo) u otras, estaremos ante una visión que confiere a la vez la unidad y la diversidad a todas las obras construidas tonalmente, la *Unitas Multiplex*[52].

5. La consideración del tiempo

Al descubrir que el universo nace por el Evento y se genera en su devenir como cascadas de eventos, accidentes, rupturas, morfogénesis, es el Evento nacimiento, accidente, ruptura, catástrofe (Morin 1977). Así, el elemento en la organización musical, teniendo ésta en su origen y en su fin algo evenencial, posee el carácter catastrófico de toda cosa organizada. La complejidad incluye el evento, y nos invita a mirarlo desde la perspectiva de que todo elemento también puede aparecer como evento.

Desde la formulación del segundo principio de la termodinámica, el orden físico dejó de ignorar la irreversibilidad del tiempo. El tiempo reversible de la termodinámica y el del devenir surgieron en la segunda mitad del siglo XIX. El primero arrastraba la *physis* hacia la degradación (entrópica) y el segundo irrumpía en la biología con Darwin. El tiempo biológico iba en sentido inverso al tiempo entrópico. El que cada uno hubiese surgido en un ámbito distinto, y cerrado con respecto al otro, hizo que no fuese abordado el problema de su confrontación (salvo excepciones como Bergson) y fueron compartimentados según la alternativa clásica de la exclusión. Cuando en 1965 las Leyes de Naturaleza dejaron de ser eternas, al descubrirse el devenir del universo, la *Physis* dejó de estar congelada y se consideró la historia de la materia: todo surge en algún momento. Como consecuencia, aparece la complejidad del tiempo. El tiempo musical, como toda complejidad, es uno y múltiple a la vez. En el tiempo de las sucesiones melódicas/acórdicas, irrumpe también el tiempo continuo y discontinuo, o lo que es lo mismo, evenencial, agitado por las rupturas de las modulaciones, "sobresaltos que rompen su hilo [*el de la tónica principal*] y eventualmente recrean en otra parte otros hilos [*otras tónicas temporales*]. Este tiempo es, en el mismo movimiento, el tiempo de las derivas y dispersiones, el tiempo de las morfogénesis y

[52] Un desarrollo de la noción de *Unitas Multiplex* en música contemporánea, en Darbon 2007.

de los desarrollos" (Morin 1977: 107). Morin propone "romper la esquizofrenia entre estos dos tiempos que se ignoran, que huyen el uno del otro. Son a la vez uno, complementarios, concurrentes y antagonistas; tienen un tronco común, están en simbiosis, parasitismo mutuo y luchan a muerte" (Morin 1977: 108). Cuando abordamos el problema de la organización, debemos examinar, a la vez, las reiteraciones, repeticiones, bucles, ciclos, recomenzamientos, el tiempo irreversible que nutre y contamina estos tiempos repetitivos, del mismo modo que están perturbados por el tiempo evenencial. En un movimiento siempre espiraloide, el tiempo está sometido siempre al riesgo de ruptura.

En la composición tonal, el tiempo irreversible y el evenencial concurren con el tiempo de los recomenzamientos[53]: el discurso musical tonal genera un movimiento espiraloide sometido siempre al riesgo de ruptura a través de las modulaciones. Es "el gran tiempo del Devenir, que mezcla en sí de forma diversa, en sus flujos, sus encabalgamientos, estos tiempos diversos con islotes temporales de inmovilización (cristalización, estabilización- *detención estructural por prolongación-modulación*), torbellinos y ciclos de tiempos reiterativos" (Morin 1977: 108). Descubrimos que la complejidad del tiempo real está en ese rico sincretismo. En el crecimiento orgánico de la obra tonal están presentes todos estos tiempos diversos, actuando e interfiriendo, de la misma forma que lo hacen en el ser viviente. El nacimiento y la muerte, así mismo el transcurso de la interpretación, su principio y su fin, y de igual manera de una prolongación-modulación en el interior de una composición, es el tiempo del evento/accidente/catástrofe.

El proceso discursivo lineal/no-lineal musical tonal, lleva en sí: el tiempo de la desintegración, como la senectud (que a través de la muerte conduce a la *des-composición*), el tiempo del desarrollo organizacional (la ontogénesis de la obra), el tiempo de la reiteración (la repetición, los ciclos, los ritmos, las actividades isomórficas cadenciales en las modulaciones con respecto a la organización global), el tiempo de la estabilización (homeostasis[54] o vuelta a la tónica principal después de una modulación). De forma refinada, el tiempo catastrófico y el tiempo de la desintegración se inscriben en el ciclo reiterativo ordenado/organizador de las prolongaciones internas de la composición. Ocurre lo mismo en el macro-Sistema Tonal (conjunto total de composiciones tonales), en el que las obras pueden ser consideradas como prolongaciones internas del Sistema, constituyendo ciclos de recomenzamiento, de

[53] "La física de hoy no niega el tiempo. Reconoce el tiempo irreversible de las evoluciones hacia el equilibrio, el tiempo rítmico de las estructuras cuyo pulso se nutre del mundo que las atraviesa, el tiempo bifurcante de las evoluciones por inestabilidad y amplificación de fluctuaciones y hasta ese tiempo microscópico (…) que manifiesta la indeterminación de las evoluciones físicas y microscópicas. Cada ser complejo está constituido de una pluralidad de tiempos, conectados los unos con los otros según articulaciones sutiles y múltiples" (Prigogine y Stengers 1983: 303-304).

[54] "La acción de corregir la desviación, entonces, se pone en movimiento por la diferencia, tal y como lo define Batteson, con lo que es posible entender todo cambio como la necesidad de mantener cierta regularidad y esta misma, a su vez, podrá mantenerse a través del cambio. A esta estabilidad del sistema se le aplica el término *homeostasis*, denominación no muy afortunada ya que revela un equilibrio estático, un estado más bien estacionario" (Ceberio, Watzlawick 2006: 49).

reproducción a lo largo de los siglos de evolución sistémica, desde sus comienzos en el siglo XVIII hasta la actualidad[55]: "Y todos estos tiempos se inscriben en la hemorragia irreversible del cosmos. Así, desde el comienzo, el nuevo universo hace surgir, no solamente el tiempo irreversible, sino el tiempo complejo" (Morin 1977: 108).

6. El bucle espacio/tiempo[56]

Hemos visto que tanto las dimensiones espaciales como las temporales de una obra tonal son múltiples y conforman la unidad simultáneamente. El proceso recursivo de los niveles de transformación es el motor que embucla las dimensiones espacial y temporal en su multiplicidad, y la obra tonal deja de ser una sucesión de sonidos en el tiempo: "Cada superficie, considerada en sí misma es necesariamente confusa y siempre compleja" (Schenker 1979: xxiii).

"Todo sistema, toda organización están sometidos al tiempo" (Morin 1977: 248). En el campo del Arte se ha diferenciado, no sin controversias, entre aquellos sistemas que se materializan en el espacio, y aquellos que se desarrollan y disuelven en la secuencialidad del tiempo, como son la música, la oralidad, el cine y, en general, la imagen electrónica. El gran teórico del cine Jacques Amount (Amount 1992: 160) divide entre imágenes no-temporalizadas, las que existen idénticas a sí mismas en el tiempo, y temporalizadas, las que se modifican a lo largo del tiempo, sin la intervención del espectador, sólo por sí mismas. No obstante, Amount reconoce que la división es demasiado simple, para dar cuenta de la complejidad de las cuestiones relativas al tiempo en la imagen, por lo que realiza subdivisiones y, en ellas, crea una especie de relación dialéctica constituida por los tipos de imagen fundamentales: imagen fija *versus* imagen móvil, imagen única *versus* imagen múltiple e imagen autónoma *versus* imagen en secuencia. La consideración de Amount es aristotélica y, por tanto, deriva de la oposición entre tiempo y movimiento. Lucía Santaella (Santaella 2003) nos introduce en estos problemas concluyendo que "toda imagen está, de un modo u otro, impregnada de tiempo" (Santaella 2003: 68).

Asimétricamente, a pesar de que se presenta la evidencia de una espacialidad, pensando en el aire como material elástico, en las consideraciones teóricas sobre la música tonal se ha hecho prevalecer el orden temporal. Para Santaella, como para la mayoría de personas, la música tiene lugar, únicamente en el tiempo, y además, en un tiempo único, puesto que "sólo puede, fatalmente, pasar, desvanecerse, sonar y desaparecer; es, tal como la vida, devenir irremediable" (Santaella 2003: 88). Recordemos, como testimonio, la definición que se da de la música en cualquier libro de teoría: "la música es el arte de combinar sonidos en el tiempo", en la que no sólo se

[55] Lo *uno* forma parte de una totalidad polisistémica; varía su definición como sistema, subsistema, suprasistema o ecosistema, según su relación entre otros sistemas, según se sitúe entre ellos (Morin 1977: 173).

[56] "De modo que cuando decimos que no hay causa ni efecto, lo que queremos decir es que hay una incalculable infinidad de causa y efectos, que en realidad todas y cada una de las cosas en el tiempo y en el espacio tienen relacion con todas las demás cosas en el tiempo y en el espacio" (Cage 2005: 47).

elude el espacio, sino también el silencio. Para nosotros, los elementos constitutivos de la música son *el sonido y su altura* –fenómeno acústico de la propagación de ondas sonoras, producidas por un cuerpo que vibra en cierto lapso de tiempo, ocupando por tanto un espacio de aire- y el silencio. Las cualidades del sonido son *el timbre*, en sus variedades de color, que emerge de los armónicos producidos por cada instrumento en particular y *la dinámica*, graduación de los niveles de intensidad, dependiente de la amplitud de onda. Las cualidades tanto del sonido como del silencio son *la duración* espacio/temporal determinada y *las agógicas*, que la indeterminan. Así pues, ofrecemos nuestra definición de música como el arte de generar organizaciones complejas entre sonidos y silencios.

Los bergsonianos[57] (teorías de la duración), en su defensa de la creatividad y la irreductibilidad de la conciencia o espíritu, contra todo intento reduccionista de carácter positivista, tienden a considerar el tiempo como una dimensión inextricablemente psicológica, inseparable de nuestra experiencia, de nuestra conciencia: "Mi estado de espíritu, al avanzar por el camino del tiempo, se acrece continuamente con la duración que recoge" (Bergson 1985: 16). Por su parte, la psicología propone que existe el "tiempo intersicial" (Santaella 203: 76), relación entre el tiempo intrínseco y el extrínseco: es el tiempo de la percepción, impregnada de tiempo y, a la vez, proveedora de tiempo. Es el tiempo que nace en el cruce entre sujeto perceptor y objeto percibido. La percepción, sistema de comunicación/computación de la información, está hecha de tiempo, siendo sus tiempos más importantes el fisiológico, el biológico y el lógico[58]. Sin embargo, en el caso de la organización músico-tonal, encontramos una noción doble de tiempo: la dirección hacia delante encuentra la concurrencia, el antagonismo y la complementariedad de la *retroactividad temporal*, donde el tiempo vuelve sobre sí mismo en el fenómeno de la percepción sonora, que *re-conoce* los puntos de referencia emergentes de los primeros compases, actuando los cambios en espiral retroactiva sobre la primera dirección. Son los procesos de cambio los que nos hacen percibir el tiempo y concebir, a la vez, la doble noción temporal en el seno de la espacialidad recursiva que generan los acontecimientos(/eventos). Este tiempo múltiple, en el seno de un tiempo doble →/←, emerge del bucle espacial horizontal/vertical/profundidad, emergencia, así mismo, de los acontecimientos/eventos que se producen en la percepción de la composición. Para Schenker, el movimiento no se produce solo hacia delante y hacia detrás (retroactividad informacional del motivo), sino también siguiendo la dirección del crecimiento orgánico de la obra, por el que se genera un volumen a través del proceso recursivo de los niveles de transformación. En una organización músico-tonal, cuando

[57] Recordemos que para Bergson el tiempo real es pura duración que se capta en la experiencia interna, a través de la intuición como conciencia inmediata o percepción directa de la realidad. El rasgo básico del tiempo de la conciencia es la duración: el presente es vivido con el recuerdo del pasado y la anticipación del futuro. Los tres estadios sólo existen en la conciencia y ésta los unifica: religa los instantes haciendo que penetren unos en otros y convirtiendo el tiempo en irreversible por la novedad de cada instante.

[58] *Fisiológico*: recepción y procesamiento de estímulos por los órganos sensoriales y por el cerebro; *Biológico*: dentro de los esquemas lógicos (lenguaje); *Lógico*: estímulo, traducción-regulación y juicio perceptual.

se produce un acontecimiento nuevo, éste lleva en sí mismo una información novedosa, pero sólo computable por interrelación con los acontecimientos previos. Memoria (recuerdo/olvido), expectación y anticipación son los ingredientes temporales de la percepción: "sin memoria y anticipación, ningún reconocimiento e identificación, constitutivos del corazón mismo de la percepción, serían posibles" (Santaella 2003: 79).

En la audición músico-tonal, el tiempo se vuelve circular-espiral en su propia flecha irreversible, a través de la percepción retroactiva consciente/inconsciente. El tiempo se detiene, retrocede y vuelve distinto cada vez. La percepción temporal va unida a la idea de sensación de movimiento que impregna por completo la audición de una composición tonal, gracias a los mecanismos de producción de equilibrios/desequilibrios/re-equilibrios de la organización de la consonancia y la disonancia en su juego interactivo: "la música, movimiento del alma, ilustra la gran ley del movimiento. Música y movimiento, son el alma de la participación afectiva" (Morin 2001: 120). Creación, interpretación y percepción son sistemas dirigidos a través del cambio[59]. Los acontecimientos que se van produciendo, producen bucles que podemos comprender a través de la imagen de los torbellinos y los remolinos "en los que el tiempo se identifica a la vez al flujo irreversible y a la forma torbellinesca" (Morin 1977: 248). El tiempo se funde con el movimiento espacial en el que se genera, se regenera, pero, a la vez, en el que se degenera el sistema hacia el desorden: "el tiempo irreversible y desintegrador, permaneciendo irreversible y desintegrador, se transforma en y por el bucle en tiempo del recomenzamiento, de la regeneración, de la reorganización, de la reintegración" (Morin 1977: 248). Los dos tiempos, el del discurso y el de la percepción retroactiva-recursiva, son antagonistas y complementarios: "el uno trabaja para la disipación, el otro para la organización" (Morin 1977: 248). Las dimensiones temporales emergen de los micro-sistemas espacio/evenciales internos de la composición –las modulaciones en su interacción con el todo-, fundidas en un flujo de direcciones múltiples. Cada modulación en sí misma, como micro-sistema, contiene características propias que pueden ser distintas a las del todo o isomórficas a él y que revierten sobre el tiempo/movimiento: diferencias entre las propiedades de los sonidos y relaciones locales del *foreground* y del *middleground*, también registros, timbres y agógicas, diferencias que se abren y se cierran, a la vez, con el *tempo* global que el compositor otorga a la composición. La obra tonal es percibida *en la unidad de este tiempo uno y doble, asociado y disociado*. El tiempo cobra la imagen de un movimiento espiral, "a la vez irreversible y circular, revolviéndose sobre sí mismo, mordiéndose la cola, re-cerrándose sin tregua en su reapertura, recomenzando sin tregua en su derramamiento" (Morin 1977: 249).

La organización interna de la obra, que el sujeto percibe a través de la audición, y se transmite vía la concepción y ejecución del intérprete, se desarrolla en el tiempo frágil de la improbabilidad física-acústica a merced de las interacciones con el entorno,

[59] "Un yo que no cambia no dura, y un estado psicológico que permanece idéntico a sí mismo mientras no es reemplazado por el estado siguiente, tampoco dura" (Bergson 1985: 17).

así como sucede en el acto creativo del compositor. En la auto-eco-organización de la obra, naciendo y creciendo en sus cuatro dimensiones concurrentes, antagonistas y complementarias, hasta el último compás en el que encuentra su fin, el proceso sufre y, a la vez, goza del azar de las relaciones que no forman parte de la escala de la Tónica, punto de referencia principal. Las modulaciones, los eventos de la interacción *middleground/foreground* son los "accidentes que "acuchillan los hilos del tiempo cíclico, rompen el devenir del tiempo del desarrollo: unos, irrecuperables, entrañan la desintegración mortal; otros, al contrario, estimulan una evolución, lo que nos abre una [nueva] dimensión del tiempo" (Morin 1977: 249), el Tiempo de la vida (Morin 1983), esa vida que Schenker intuye representada en la composición tonal. En la percepción de una obra tonal, la dimensión temporal se embucla con la dimensión recursiva espacial, a través de la interacción del movimiento que se produce en la transformación de los niveles. La dimensión espacial, al ser invisible por medios naturales, es estudiada como una ciencia al margen; no se integra, verdaderamente, a la hora de examinar la producción musical. Pero aunque la música sea invisible e intangible, la aportación de Schenker, que aparece rompiendo toda linealidad del devenir temporal, a través ya de la noción de Asociación Motívica, pero también a través del resto de sus nociones que hacen visibles las estructuras dinámicas internas, rompiendo también la linealidad espacial bajo la leyes de coherencia y de crecimiento orgánico, hace posible la relación dialógica improbable Morin/Schenker y plantea en el conocimiento musical nuevas vías de reflexión.

7. Conclusiones

Los sonidos temperados constituyen el material para la organización de un sistema-composición tonal. Sobre esta base sonora, se auto-organizan dos escalas antagonistas, complementarias y concurrentes: mayor y menor. A partir de las propiedades complejas de las escalas, el material se re-organiza (*vía* desorganización) en bucles jerarquizados por su cualidad informacional, derivada de la fenomenología acústica de la consonancia y de la disonancia. En el Sistema Tonal, las ideas contrapuntística, melódica y rítmica están asociadas con carácter organizacional. En nuestro Paradigma informacional de Bucles Tonales podemos descubrir que las dos situaciones *verticales*, que emergen de los bucles *horizontales*, se corresponden con los acordes del V y del I, así mismo en relación dialógica.

Las teorías tradicionales poseen un carácter descriptivo y desintegrador. A partir de la puesta en relación del pensamiento de Heinrich Schenker y Edgar Morin, el Sistema Tonal puede ser explicado por la organización de la información que se produce, se transmite y se aprehende, en el interior de la composición: de sonido a sonido, de relación a relación, de motivo a motivo transformado, de estructura a prolongación, de prolongación a prolongación, de dimensión a dimensión, de composición a composición, de parte a parte, de parte a todo y de todo a parte. La

composición, *una* y *diversa*, emerge como sistema a través de la coherencia de la organización tonal informacional/comunicacional/computacional.

Bibliografía

Amount, Jacques. 1992. *La imagen*. Barcelona: Paidós.

Bergson, Henri. 1985. *La evolución creadora*. Madrid: Austral, Espasa-Calpe.

Bertalanffy, Ludwig von. 1976. *Teoría General de los Sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Bunge, Mario. 1985. *Teoría y realidad*. Barcelona, España: Ariel.

Bohn, David. 1992. *La Totalidad y el Orden implicado*. Barcelona, España: Kairós.

Cage, John. 2005. *Silencio*. Madrid, España: Ardora.

Ceberio, Marcelo R.; Watzlawick, Paul. 2006. *La construcción del universo*. Barcelona, España : Herder.

Cook, Nicholas. 2007. *The Schenker Projet. Culture, race and music theory in fin-the-siècle Vienna*. Oxford-New York: University Press.

Darbon, Nicolas. 2007. *Musica Multiplex. Dialogique du simple et du complexe en musique contemporaine*. Paris : L'Harmattan.

Darbon, Nicolas. 2008. (Dir.) *Colloque « La Complexité Musicale. Colloque Autour d'Edgar Morin et de Jean-Claude Risset,* CDMC, Panthéon-Sorbonne, Paris. Disponible en (*ult. cons.*. 10/2010): http://www.cdmc.asso.fr/fr/ressources/conferences/enregistrements/musique_complexite

Forte, Allen; Gilbert, Steven E. 1992. *Introducción al Análisis Schenkeriano*, Barcelona, España: Labor.

Forte, Allen: Introduction To The English Edition. En Schenker (1935) 1979: xvii-xx.

Galison, Peter L.; Holton, Gerard James; Schweber, Silvan S. 2008. *Einstein for the 21st Century: His Legacy in Science, Art and Modern Culture*. Princenton: University Press.

Iniesta Masmano, Rosa. 2007. « Le paradigme de la Complexité dans la Musique Tonale ». En *Intelligence de la Complexité.* La Tour d'Aigues, France : éditions de l'aube.

Iniesta Masmano, Rosa. 2007-2008 "La epistemología de la Complejidad y el Análisis Schenkeriano. Un estudio sobre el Sistema Tonal". En *Papeles del Festival de música española de Cádiz*, nº 3, Año, Junta de Andalucía, Consejería de Cultura. Universidad de Cádiz, 229-246.

Iniesta Masmano, Rosa. 2009a. *Una relación dialógica improbable: Edgar Morin/Heinrich Schenker. Hacia una Teoría de la Complejidad Musical*, Tesis Doctoral. Valencia, España: Publicaciones de la Universidad de Valencia.

Iniesta Masmano, Rosa. 2009b. "Epistemología compleja del Sistema Tonal (I)- El orden, el desorden y la organización-", en: *ITAMAR. Revista de Investigación Musical: territorios para el Arte,* nº 2, Publicaciones de la Universidad de Valencia-Rivera, 2009, pp. 81-100.

Iniesta Masmano, Rosa. 2010a. "Paradigma de Relaciones Melódico-Tonales". En *Papeles del Festival de música española de Cádiz*, nº 5, Año 2009. Universidad de Cádiz, Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, 273-290.

Iniesta Masmano, Rosa. 2010b. "Re-articulación de las nociones schenkerianas desde el pensamiento complejo de Edgar Morin". En *Revista de Musicología*, Vol. XXXIII nº 2, SEDEM, año 2010. En prensa.

Iniesta Masmano, Rosa. 2010c. "La forma y el motivo: formaciones y transformaciones". En *Nasarre. Revista de Musicología*, N. 26. En prensa.

Iniesta Masmano, Rosa. 2010d. "Epistemología compleja del sistema tonal (II) -El crecimiento orgánico-". En *Itamar. Revista de Investigación Musical: territorios para el Arte,* nº 3. Publicaciones de la Universidad de Valencia-Rivera. En prensa.

Iniesta Masmano, Rosa. 2010e "Organización y Sistema en la Musical Tonal. Según el Paradigma de la Complejidad de Edgar Morin", en *Revista Internacional de Sistemas*, Sociedad Española de Sistemas Generales. En prensa.

Lerdahl, Fred y Jackendoff, Ray. 2003. *Teoría Generativa de la Música Tonal,* Madrid, España: Akal.

Mandelbrot, Benoît. 1988. *Los objetos fractales*. Barcelona, España: Tusquets.

___ 1997. *La geometría fractal en la naturaleza*. Barcelona, España: Tusquets.

Morin, Edgar. 1977. *El Método. La Naturaleza de la Naturaleza*. Madrid, España: Cátedra.

Morin, Edgar. 1983. *El Método. La Vida de la Vida*. Madrid, España: Cátedra.

Morin, Edgar. 1984. *Ciencia con consciencia*. Barcelona, España: Anthropos.

Morin, Edgar. 1994. *Introducción al Pensamiento Complejo*. Barcelona, España: Gedisa.

Morin, Edgar. 2001. *El cine o el hombre imaginario*. Barcelona, España: Paidós.
Morin, Edgar. 2009. « L'indicible complexité » http://www.cdmc.asso.fr/fr/ressources/conferences/enregistrements/musique_complexite
Morin, Edgar. 2010. *Pensar la Complejidad. Crisis y metamorfosis*, Valencia, España: Universidad de Valencia.
Pankhurst, Tom. 2008. *SchenkerGUIDE: Web Site for Schenkerian Analysis*. New York: Routledge.
Perner, Josef. 1994. *Comprender la mente representacional*. Barcelona, España: Paidós.
Prigogine, Ilya & Stengers, Isabel. 1983. *La Nueva Alianza*. Madrid, España: Alianza.
Pujals, Esteban, ed. 1990. *Cuatro cuartetos* de T. S. Eliot, *Little Gidding*. Madrid, España: Cátedra.
Rameau, Jean Philip. 1722. *Traite de l'harmonie*. Paris: Ballard.
Salzer, Felix. 1990. *Audición estructural*. Barcelona, España: Labor.
Santaella, Lucía *et al*. 2003. *Imagen: Comunicación, semiótica y medios*. Barcelona, España: Reichenberger- GYERSA.
Schenker, Heinrich. 1969. *Five Graphic Musical Analyses*. New York: Dover.
Schenker, Heinrich. 1979. *Free Composition*. New York: Longman, en coop. con la AMS. 2 volúmenes.
Schenker, Heinrich. 1987. *Counterpoint 2*. New York: Schirmer.
Schenker, Heinrich. 1990. *Tratado de Armonía*. Madrid, España: Real Musical.
Schenker, Heinrich. 1996**.** *The Masterwork in Music: Volume III*. DRABKIN, William (ed.). Cambridge: University Press.
Storr, Anthony. 2002. *La música y la mente. El fenómeno auditivo y el porqué de las pasiones*. Barcelona, España: Paidós.
Watzlawick, Paul. 1991. *Teoría de la comunicación humana.* Barcelona, España: Herder.

CAPÍTULO XIV

El estudio de las enfermedades como sistemas complejos

Estudio clínico observacional

Ricardo Glancszpigel*

1. Introducción

El presente artículo se propone conceptualizar las enfermedades y su evolución, en términos de impacto o desenlace sobre el paciente que las padece, como un sistema complejo interdisciplinario. Un estudio clínico observacional, no intervencionista, consiste en registrar y estudiar la evolución de una enfermedad durante un período determinado, en un conjunto de centros médicos asistenciales "representativos" de la región, tal cual se viene desarrollando en la práctica médica habitual, sin algún tipo de intervención externa.

Los médicos definen los tratamientos (medicamentos, dosis, posología), los períodos entre visitas, los tipos de procedimientos, tests diagnósticos, datos de laboratorio, etc., sin un protocolo preestablecido (que no sea el de la de la propia institución) que establezca alguna pauta en particular para el tratamiento, el momento de recolección de la información o el incremento del número y calidad de los análisis o de los procedimientos a realizar.

El objetivo es estudiar el curso de la enfermedad tratada en la forma habitual en el o los centros de salud existentes. Si se desea estudiar el comportamiento de la enfermedad de los pacientes bajo un tratamiento en particular, el universo se reduce a todos los pacientes que teniendo la patología en cuestión recibieron dicho tratamiento por los motivos que fuere. El curso de las enfermedades, a nivel de centros médicos, puede por lo tanto evaluarse mediante los estudios clínicos observacionales.

* Director de *Clinsites Network SA*, www.clinsitesnetwork.com. Datos de contacto. Dirección postal: Uriburu 754, 5º P, Ciudad Autónoma de Buenos Aires (1027AAP), Argentina. Tel.: (+54) 11 4953 2888. (+54) 911 4414 4576. Correo electrónico: ricardo.glancszpigel@clinsitesnetwork.com

Este trabajo se sustenta en la teoría de los sistemas complejos y la metodología de investigación interdisciplinaria formulada por Rolando García (2006) y fundamentada en la epistemología genética-constructivista de Jean-Piaget. En lo referente al marco epistémico, este artículo pretende ser una propuesta para el estudio futuro de una enfermedad cualesquiera como un sistema complejo, constituido, al menos, por cinco niveles que impactan sobre el paciente que la padece: (1) el estado de la enfermedad según el paciente; (2) el estado de la enfermedad según el médico; (3) el entorno del paciente; (4) el sistema de salud local (política sanitaria); y finalmente, (5) los sistemas internacionales de salud. Los observables en cada nivel son múltiples, lo que define al sistema como multivariado. En la consideración de los observables dentro de cada nivel reside la conceptualización histórica para incluirlos como parte del modelo.

2. Construcción del sistema complejo

A continuación se describen suscintamente, los cinco niveles de las enfermedades concebidas como un sistema complejo.

2.1. Primer nivel: estado de la enfermedad según el paciente

Los observables relatados por el paciente y los evaluados por el médico difieren. El primer nivel corresponde a la enfermedad desde el punto de vista del paciente, sus dolencias, su calidad de vida, posible invalidez o incapacitación, etc. En inglés suele emplearse la expresión *"desease"* para referirse a la enfermedad objetivada desde el punto de vista médico, mientras *"illness"* se utiliza para dar cuenta de misma enfermedad subjetivada por el paciente. Es relevante aclarar que que subjetivo no es equivalente a impreciso. El término subjetivo proviene de la palabra *"subject"* (sujeto) en inglés.

El paciente padece una serie de síntomas y signos con diversa intensidad o magnitud, daños psicosomáticos de carácter reversible o irreversible, complicaciones y eventos adversos producto de su patología y tratamientos, que hacen a su calidad de vida, mas allá de las consideraciones del médico o profesional evaluador.

Los tratamientos se miden por su eficacia (acción sobre ciertos observables), su efectividad (que tiene que ver con el desenlace de la enfermedad), y su eficiencia (costo/beneficio). El objetivo primario es aliviar al paciente y/o aumentar la calidad de vida y constituye el *nivel base del sistema complejo.*

2.2. Segundo nivel: estado de la enfermedad según el médico

Se refiere a un enfoque de la enfermedad como tal. El objetivo es el diagnóstico y estado de la enfermedad y su valor pronóstico en base al análisis de los observables (síntomas referidos por el paciente, signos detectados por el médico y tests/análisis complementarios y otros procedimientos). Las escalas de fenómenos y tiempos son las

mismas con respecto al primer nivel. Las acciones tomadas deben desarrollarse en un entorno bioético y, por lo tanto, deben contemplar las declaraciones de los derechos humanos de Helsinki y sus posteriores enmiendas emitidas por la Asociación Médica Mundial.

2.3. Tercer nivel: entorno del paciente

El entorno del paciente está constituido por el *entorno familiar, el sistema hospitalario*, los *posibles tratamientos intervinientes* (la mayoría corresponde a tratamientos farmacológicos), *situación económica familiar*, entre otros factores. Cada uno de ellos constituye un subsistema que a su vez está formado por varios elementos o subsistemas.

El sistema hospitalario se compone por: *prepagas, obras sociales, mutuales, hospitales públicos, clínicas privadas, policlínicos, sanatorios*, etc. Dentro de cada uno de ellos puede considerarse ciertos elementos como ser: *infrestructura, especialidades disponibles, idoneidad médica, dedicación médica, organización, costos,* etc. Cada *tipo de tratamiento* posee sus pros y contras y constituye per se un subsistema (no sólo deben tenerse en cuenta los tratamientos farmacológicos sino también los procedimientos).

El *entorno familiar* (familia constituida o no, número de integrantes) puede impactar con el cuidado y participar de los dos niveles anteriores (su calidad de vida y cumplimiento o "*compliance*" de los tratamientos).

En lo que respecta a la *situación económica* cabe destcar su influencia en el tipo de *prestación médica*, el acceso a *medicamentos*, *procedimientos de rehabilitación*, lucro cesante, etc.

2.4. Cuarto nivel: sistema de salud local

Está dado por el sistema de salud local que comprende, en particular, la política sanitaria, así como por consideraciones políticas y socioeconómicas en general.

2.5. Quinto nivel: sistema de salud internacional

Está relacionado con los sistemas internacionales de salud y sirve de marco para ubicar los sistemas locales respecto a los estándares internacionales. Todos los niveles se relacionan entre sí. El *primer nivel* está *inbricado* en el *segundo nivel*.

3. Construcción de un modelo del impacto de la enfermedad sobre el paciente

Para construir un modelo de impacto sobre un paciente que padece la enfermedad en función de observables, debemos definir qué es impacto. Por impacto al paciente entenderemos el desenlace de la enfermedad en términos de riesgo/beneficio.

Ejemplos de ello son la probabilidad de tener un infarto agudo de miocardio sobre la probabilidad de no tenerlo; probabilidad de desarrollar un cáncer de mama sobre la probabilidad de no desarrollarlo en determinadas condiciones; probabilidad de desarrollar una sepsis generalizada sobre la probabilidad de no desarrollarla en ciertas circunstancias, etc. Por lo tanto, el concepto de *impacto* puede definirse como la probabilidad p de presentar el evento sobre la probabilidad 1-p de no presentarlo.

En términos algebraicos podríamos decir que el impacto es:

Impacto = (*p /1-p*)

En inglés, se conoce como *"odds ratio"* (Fleiss 1981: 61) o relación de chances. Teniendo en cuenta los modelos de Cox (Cox 1970; Lee 1980: 335) el logaritmo del impacto podría escribirse como una función lineal de todos los observables que conceptualmente (históricamente) se cree puedan explicar la magnitud de ese impacto.

En cuanto a los observables, en el *nivel 1* podríamos tener el dolor, angustia, preocupación, apremio, dependencia, etc., en el *nivel 2* la edad del paciente, el sexo, los síntomas y signos, datos de laboratorio, tests diagnósticos, registros como electrocardiogramas, electroencefalogramas, imágenes radiológicas, tomografías, etc., en el *nivel 3* podría ser ingresos, vivienda, empleo, número de individuos que habitan en la misma casa, etc., en el *nivel 4* podríamos tener el sistema de atención, público o privado, el tipo de prestador, cobertura medicamentosa, equipamientos, tiempo de dedicación del personal médico y auxiliar al paciente, etc., y en el *último nivel* podríamos considerar la aplicación de ciertas normas internacionales.

3.1. Modelo interdisciplinario

Considerando observables en cada uno de los niveles y suponiendo que pudiésemos medir la magnitud de todos ellos simultáneamente mediante la intervención de un equipo interdisciplinario, la función multivariada descrita por Cox puede escribirse como:

$$\log(p/1-p) = A + \sum_{i=1}^{5} \sum_{j=1}^{ki} bij.xij \quad \textbf{[1]}$$

donde:

p es la probabilidad de ocurrir el evento, ***1-p*** es la probabilidad de no ocurrir, el cociente constituye el impacto sobre el paciente, **A** es una constante, **i** = 1, 2, 3, 4, y 5 corresponde a los respectivos niveles arriba mencionados, k1...ki....k5 representan la cantidad de observables en cada nivel y **j** = 1, 2, ..j....ki representan cada uno de los observables en sus respectivos niveles donde ***xij*** representan la magnitud de lo mismos.

De esta manera, sabiendo para cada paciente si ocurrió o no el evento de interés y las magnitudes de todos los observables, puede estimarse los valores de ***bij*** mediante un software estadístico que calcule los coeficientes de regresión como estimadores de sus valores poblacionales usando el modelo de Cox.

Conociendo los valores ***bij*** y conociendo para cada paciente la magnitud de cada uno de los observables relacionados con él podrá estimarse, es decir predecirse, el impacto probable, o desenlace, de su enfermedad.

3.2. Modelo multidisciplinario

Supongamos ahora que analizamos el impacto sobre el paciente de cada nivel por separado con la intervención de los especialistas implicados en cada nivel. El impacto considerando un nivel *i* cualquiera teniendo en cuenta los mismos observables que los manifestados en [1] por el equipo interdisciplinario sería:

$$\log(p/1-p)i = ai + \sum_{j=1}^{ki} bij'.xij \quad \textbf{[2]}$$

Si tomásemos la información conjunta de todos los niveles considerando la intervención de los diferentes especialistas de un equipo multidisciplinario, el logaritmo del impacto *p/1-p* podría ser una combinación lineal de cada uno de los impactos estimados para cada nivel y la expresión tendría la forma:

$$\log(p/1-p) = \sum_{i=1}^{5} Bi.\log(p/1-p)i \quad \textbf{[3]}$$

donde *Bi* representaría el peso de cada nivel sobre el impacto total.

Mediante [2] y [3] podría obtener la siguiente expresión:

$$\log(p/1-p) = \sum_{i=1}^{5} ai.Bi + \sum_{i=1}^{5} Bi \sum_{j=1}^{ki} bij'.xij \quad \textbf{[4]}$$

3.3. Condiciones límites donde los sistemas interdisciplinarios y multidisciplinarios fuesen equivalentes

Puede observarse que aún suponiendo que los observables elegidos sean los mismos en un equipo interdisciplinario que en uno multidisciplinario (situación difícil de asumir por la propia interacción y dinámica de grupo), en el cual cada nivel actúa de modo independiente, las expresiones [1] y [4] coinciden si:

$$A = \sum_{i=1}^{5} ai.Bi \text{ y } bij=Bi.bij'$$

Esta condición no es imposible pero es poco probable.

3.4. Análisis Multivariado

El análisis multivariado se realiza mediante un análisis de regresión múltiple, ya sea tomando todos los observables o los observables en cada nivel. La mayoría de los programas estadísticos incluyen los modelos de Regresión Logística de Cox. Cuando

se realiza un análisis de regresión múltiple, no todos los ***bij*** resultan ser estadísticamente significativos. Ello significa que existen ciertos observables que pesan más que otros y algunos no tienen relevancia.

Mediante un método iterativo denominado *"stepwise Analysis"* (análisis juicioso por etapas) pueden dejarse en el modelo sólo aquellos observables que siendo significativos son suficientes para explicar el impacto. De este modo, puede reducirse significativamente el número de obserbables. Esto no significa que los observables eliminados no sean importantes. Lo que significa es que lo que ocurre en el sistema puede explicarse con aquellos que fueron incluidos en el modelo.

Existen muchos ejemplos de análisis multivariado, básicamente en el nivel 2 arriba mencionado. Ejemplo de ello son la presencia o no de infarto agudo de miocardio relacionado con edad, sexo, antecedentes familiares, colesterol, obesidad, hipertensión, tabaquismo, etc. Otro ejemplo podría ser la presencia o no de síndrome metabólico relacionado con edad, sexo, hipotiroidismo, obesidad, sedentarismo, TSH, T4 libre, T3, glucemia, triglicéridos HDL-colesterol.

4. Consideraciones del sistema complejo construido

A partir del marco epistémico explicitado, el objetivo es estudiar el impacto que cada nivel tiene sobre el paciente. Cada *nivel* tiene su propio *dominio epistémico.* Los *observables* en cada nivel son múltiples, lo que hace a cada nivel y en su totalidad un *sistema multivariado.* Estudiar el impacto de cada uno de los niveles mediante un procedimiento *multidisciplinario* no es equivalente a generar un proceso de investigación *interdisciplinario*. No está en duda la necesidad, en lo posible, de trabajar este aspecto a través de una estrategia *interdisciplinaria.* Podrían hacerse análisis multivariados con el objeto de determinar las variables u observables que podrían explicar el impacto en cada uno de los subsistemas. Esto *no determinaría una relación* causa-efecto *explicativa* basada en una disquisición teórica sino un punto de partida totalmente empírico.

Como los observables seleccionados dependiendo de los datos obtenidos pueden ser diferentes (por su magnitud e incidencia según el momento y lugar) sólo tienen un valor local. Esto hace imposible extrapolar conclusiones de una región o país a otro, pero ayudaría a esbozar modelos teóricos con observables que podrían explicar ciertos hechos o relaciones entre observables.

El sistema expuesto en este trabajo no es una entidad directamente observable en la realidad empírica ni tampoco está dado en la experiencia inmediata. Por el contrario, un sistema complejo es una construcción elaborada con datos empíricos a través de un proceso en el cual el sistema se reformula y ajusta a lo largo del tiempo. Por lo tanto, un sistema complejo puede ser objeto de sucesivas elaboraciones o aproximaciones. La *teorización* y los *modelos* que pueden realizarse respecto de estos sistemas y subsistemas requieren de una conceptualización histórica en cada uno de los niveles. Es posible afirmar que el *segundo nivel* es el subsistema respecto del cual se tiene más

información; mientras que el *cuarto* y *quinto nivel* son aquéllos con los que menos información se cuenta, debido a las deficiencias de los centros asistenciales de atención médica y del sistema de salud en la región.

Por otro lado, definiendo el estado de cada uno de los sistemas o subsistemas podrá evaluarse la dinámica de los procesos de cambio y su *estabilidad* acorde al *estado estacionario en que se encuentren.* Los procedimientos y/o tratamientos terapéuticos pueden ser optimizados solo si el sistema en su totalidad lo es también.

Hemos mencionado que cada nivel es impactado por el nivel superior. También los niveles inferiores generan una realimentación hacia los niveles superiores. Una calidad de vida deficiente (en el tratamiento de la enfermedad) puede por ejemplo modificar (prolongar) la duración de los días de internación y por ende modificar la evolución de la enfermedad. Ello genera cambios (disponibilidades) en los sistemas hospitalarios afectados, tiempo de dedicación del médico, mayor cantidad de insumos, mayores costos, lucro cesante, etc. De repetirse en más de un caso o en más de una situación, el sistema puede tornarse *inestable* y conducir a modificaciones o cambios en su estructura.

Cada nivel requiere una escala de fenómenos y una escala de tiempo. A medida que nos desplazamos de un nivel a otro, cambian las propiedades de las estructuras. Los *procesos* del primer y segundo nivel son procesos básicos que impactan sobre el *target* del sistema que es la salud o calidad de vida del paciente. Existen *perturbaciones* de carácter *exógeno* (ejemplo inundaciones o eventos climáticos no esperados, endemias, epidemias, pandemias,) que pueden actuar sobre el sistema que nos ocupa generando situaciones críticas. La *vulnerabilidad* de los sistemas dependen de su *estructura* o *estabilidad*. Los sistemas se van construyendo accionando en todos los niveles. Los diferentes niveles están *desacoplados* en el sentido que las teorías desarrolladas en cada uno de los niveles tiene suficiente estabilidad para no ser invalidadas por descubrimientos en otros niveles. El proceso cognoscitivo se obtiene en la acción, en el trabajo empírico. El sistema de tratamiento de las enfermedades es un sistema *no descomponible* a pesar que se estudian aspectos parciales en forma multidisciplinaria. Si bien la enfermedad puede ser de naturaleza universal, su resolución es local, requiriendo coparticipaciones regionales que a su vez se integren en foros internacionales.

5. Conclusiones

El presente artículo es una propuesta para evaluar el impacto sobre el paciente que padece una enfermedad considerando un sistema complejo que, en lo posible, debe ser estudiado en forma interdisciplinaria. El sistema complejo está constituido por diferentes niveles con gran cantidad de observables, que pueden ser los expuestos en este artículo u otros diferentes. Lo que se pretende señalar es que se puede relacionar el impacto (desenlace) de la enfermedad con observables en forma multivariada, empleándose los procedimientos de Cox, para confirmar luego, mediante el “stepwise

análisis", cuales observables pueden explicar el impacto, en una determinada región. Asimismo, también puede evaluarse si ciertos observable se dan más en una región que en otra y poder definir ciertos estándares comunes a todas.

Para concluir, es importante hacer mención que mientras ciertos observables no pueden modificarse, como ser la edad, el sexo y los antecedentes personales, hay otros como las condiciones económicas, los niveles de colesterol e hipertensión y obesidad bajo tratamiento, condiciones del sistema hospitalario, etc. que pueden ser controlables, disminuyendo el impacto que puedan tener sobre el desenlace de la enfermedad y/o calidad de vida del paciente.

Bibliografía

Cox, D.R. 1970. *Analysis of Binary Data*. London, England: Methuen & Co.

Fleiss, J.L. 1981. The odds ratio. En J. L. Fleiss, *Statistical Methods for Rates and Proportions*. New York, United States of America: John Willey and Sons.Pág: 61-75

García, R. 2006. *Sistemas Complejos*. *Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisicplinaria.* Barcelona, España: Gedisa.

Lee. E. T. 1980. The linear Logistic Regression Method. En E. T. Lee, *Statistical Methods for Survival Data Analysis*, Belmont, California, United States of America: Lifetime Learning Publications. Pág: 335-365.

CAPÍTULO XV

Entropía proporcional aplicada a la evolución de la dinámica cardíaca

Predicciones de aplicación clínica

Javier Rodríguez[*i], Signed Prieto[*ii], Pedro Bernal[*iii], Daniel Izasa[**iv], Gabriel Salazar[**v], Catalina Correa[*vi], Yolanda Soracipa[*vii]

1. Introducción[#]

El Holter es un examen ambulatorio no invasivo que permite la evaluación electrocardiográfica en períodos largos -24 o más horas-. Fue desarrollado con el fin de estudiar variaciones en el funcionamiento cardíaco, permitiendo detectar cambios transitorios y de corta duración en la dinámica eléctrica del corazón. Es útil para el diagnóstico de arritmias, isquemia y la evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca cambios en los intervalos R-R, siendo frecuentemente utilizado para evaluar la respuesta a tratamientos (Palma *et al.* 2000).

La teoría de los sistemas dinámicos estudia la evolución de los sistemas, mediante espacios abstractos denominados espacios de fases, que han permitido el establecimiento de tres tipos de atractores: periódicos, puntuales o caóticos (Devaney

[*] Grupo Insight, grupoinsight2025@yahoo.es
[i] grupoinsight2025@yahoo.es, (0571) 4527541 Cra 79b # 51-16 sur, interior 5 apto 102, Colombia.
[ii] esperanzapri@gmail.com, (0571) 4527541 Cra 79b # 51-16 sur, interior 5 apto 102, Colombia.
[iii] pedroalfonsobernal@hotmail.com, (057) 3118935738 Cra 79b # 51-16 sur, interior 5 apto 102, Colombia.
[**] Fundación Cardio Infantil
[iv] disaza@cardioinfantil.org, (057) 3102982888 Cra 79b # 51-16 sur, interior 5 apto 102, Colombia.
[v] gsalazar@cardioinfantil.org, (057) 3132635435 Cra 79b # 51-16 sur, interior 5 apto 102, Colombia.
[vi] scatalinacorreah@hotmail.com, (057) 3134057252 Cra 79b # 51-16 sur, interior 5 apto 102, Colombia.
[vii] sitaroch@hotmail.com, (057) 3112706682 Cra 79b # 51-16 sur, interior 5 apto 102, Colombia.
[#] Agradecimientos: Al Centro de investigaciones de la Fundación Cardioinfantil en especial al Dr. Rodolfo Dennis por su apoyo. A todo el personal que sostiene el servicio de la Unidad de Cuidados Coronarios Intensivos de la Fundación Cardioinfantil. Dedicado: Al Maestro Newton por su amor a las predicciones de la naturaleza. A nuestros hijos.

et al. 1992), los dos primeros asociados a dinámicas predecibles, y el tercero a impredecibilidad. Dentro del caos usualmente se distinguen dos tipos, determinista y estocástico. El primero se caracteriza por aspectos como no linealidad del sistema, pérdida de precisión de carácter exponencial, imposibilidad de predecir a largo plazo y conocimiento del comportamiento y de las propiedades estadísticas de las trayectorias, cuando se presenten regularidades de este tipo (Girón 2010). Por otro lado, el caos estocástico se caracteriza por una duración nula de la memoria estadística (Sánchez *et al.* 2008), en la medida que la misma probabilidad estaría sujeta a un proceso caótico y por lo tanto no es posible determinar si el fenómeno subyacente es probable o improbable (Calabrese 1999).

Para la medición de la irregularidad de los atractores se han utilizado medidas fractales (Peitgen 1992), que han permitido la caracterización y evolución de diversos sistemas fisiológicos, entre ellos de la dinámica cardíaca (Goldberger *et al.* 2002; Huikuri 2000). La teoría fractal ha sido utilizada en el desarrollo de un diagnóstico de la monitoría cardíaca fetal que soluciona los problemas inter e intraobservador de los métodos tradicionales (Rodríguez *et al.* 2006) y una evaluación del holter en adultos con base en la cuantificación de la ocupación espacial de atractores caóticos en el espacio de Box Counting, que permite la diferenciación de dinámicas agudas y normales de crónicas (Rodríguez *et al.* 2008).

La teoría de la probabilidad establece matemáticamente la posibilidad de ocurrencia de un evento, aplicándose a fenómenos que tienen un numero finito de variaciones, sin que pueda establecerse con exactitud el evento a seguir (Feynman *et al*. 1998). La teoría de la probabilidad junto con la teoría de sistemas dinámicos fue la base del desarrollo de un método de ayuda diagnóstica aplicable a la evaluación clínica de la dinámica cardíaca, basada en el análisis probabilista de rangos de aparición de frecuencias caríacas y el número de latidos cada hora en holter, que permite diferenciar normalidad de enfermedad de forma objetiva y reproducible (Rodríguez *et al.* 2009a).

El concepto de entropía fue desarrollado para la predicción del comportamiento de sistemas de muchos cuerpos en el contexto de la termodinámica y la mecánica estadística, y posteriormente fue reinterpretado para la teoría cinética de los gases y la teoría de la información (Matvéev *et al.* 1987; Tolman *et al.* 1979; Shannon *et al.* 1949). Este concepto, junto con el desarrollo de la mecánica cuántica y los sistemas dinámicos ha sido fundamental para el establecimiento de una concepción acausal de las leyes de la naturaleza en la física. Su aplicación en cardiología ha estado centrada en la aplicación del algoritmo de entropía aproximada (Pincus *et al.* 1991), desarrollado para detectar la regularidad de señales biológicas que presenten ruido blanco (Pincus *et al.* 1992; 1994). Se han realizado múltiples estudios experimentales (Vikman *et al.* 1999; Hogue *et al.* 1998; Hogue *et al.* 1996; Lin *et al.* 2001; Perkio *et al. 2002*; Fleisher *et al.* 1993) algunos de los cuales han mostrado que variaciones de esta medida pueden anticipar episodios espontáneos de fibrilación atrial en pacientes específicos (Vikman *et al.* 1999; Hogue *et al.* 1998), asociarse a activaciones del sistema simpático (Tulppo *et al.* 1996), o a complicaciones postoperatorias posteriores

a cirugía cardiovascular, aunque no hay evidencia clara de que estos cambios tengan relación con riesgo de muerte (Fleisher *et al.* 1993).

Recientemente, Rodríguez (2010b), con base en la teoría de sistemas dinámicos, la teoría de la probabilidad y el establecimiento de proporciones de entropía de la ocupación de pares ordenados de la frecuencia cardíaca en tres regiones definidas dentro del atractor en el espacio de fases, desarrolló un método de evaluación matemática de la dinámica cardíaca en holter de pacientes mayores a 21 años, útil como herramienta de ayuda diagnóstica a nivel clínico para cada paciente particular independientemente de la patología o intervenciones específicas. En dicho trabajo se reveló un orden físico-matemático subyacente a la aparente impredecibilidad de la dinámica cardíaca, usualmente definida como un sistema caótico, que permite la predicción de diferencias entre normalidad, anormalidad y evolución entre estos estados. De este modo es posible cuantificar el nivel de gravedad de la dinámica, la evolución hacia normalidad o enfermedad y establecer medidas preventivas de aplicación clínica. Para llegar a estas predicciones se realizó una inducción con base en 10 pacientes, cuyos resultados fueron posteriormente comprobados estadísticamente. Dado que este trabajo está basado en una inducción desde leyes físicas y matemáticas, es posible establecer con mayor precisión los rangos de evolución normalidad enfermedad sin que la metodología se vea afectada (Rodríguez 2010b).

El objetivo de este trabajo es aplicar las leyes de la probabilidad y las proporciones de la entropía a la cuantificación de la evolución de la dinámica caótica cardíaca de pacientes con infarto agudo de miocardio provenientes de la Unidad de Cuidados Coronarios como método de ayuda diagnóstica basado en predicciones físicas.

2. Definiciones

Mapa de retardo

Tipo de atractor de dos o más dimensiones construido en el espacio de fases en el que las parejas ordenadas que lo constituyen son valores consecutivos en el tiempo de una única variable. El mapa de retardo realizado tradicionalmente está construido con base a la unión de las parejas ordenadas con un trazado continuo (Figura 1); en este trabajo, siguiendo la metodología previamente desarrollada (Rodríguez 2010b), se construyó un atractor en el cual se encuentran cuantificadas y ubicadas dentro del atractor las frecuencias de aparición de cada par ordenado para cada rango de a 5 (Figura 2).

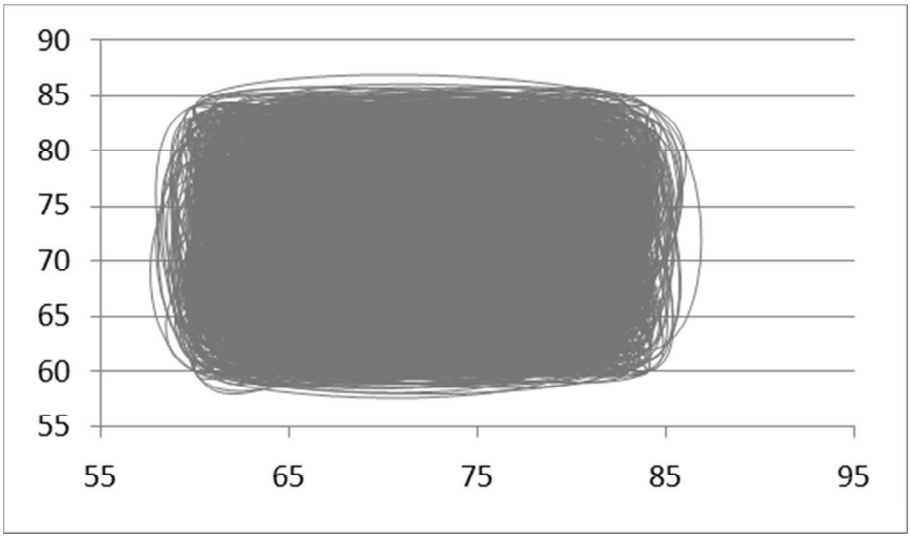


Figura 15.1. Atractor realizado con un trazado continuo del paciente A4 día 2.

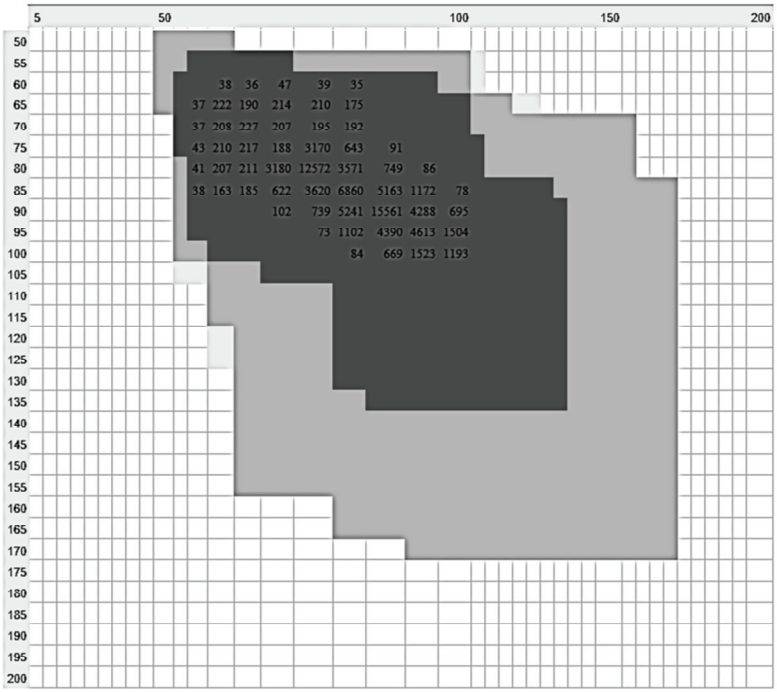


Figura 15.2. Atractor geométrico del paciente A4 día 2.

Par ordenado de frecuencias cardíacas

Pareja de frecuencias cardíacas consecutivas en el tiempo, las cuales se ubican en el en el mapa de retardo en el rango correspondiente de acuerdo a sus valores y se simbolizan como (x,y).

Entropía del atractor

Considerando que la aparición de rangos (X,Y) constituye un sistema no equiprobable, la entropía de ocupación de un atractor en el espacio de fases se calcula utilizando la ecuación:

$$S = k\sum_{x=1}^{n}\sum_{y=1}^{n} P(X,Y) \times Ln \quad P(X,Y) \qquad \textbf{[Ecuación 1]}$$

Donde S representa la entropía, X y Y son los valores de las coordenadas del atractor que representan un rango determinado, *P(X,Y)* es la probabilidad para el rango (X,Y) y *k* es la constante de Boltzmann (1.38×10^{-23} (J/k)) (Matvéev 1987; Tolman 1979).

Probabilidad del rango (X, Y)

Aritméticamente definida como la proporción entre el número de pares ordenados que ocupan el rango y la totalidad de pares ordenados de todo el trazado con valores entre 0 y 1 (Feynman *et al.* 1998).

$$P(X,Y) = \frac{\textit{Número de pares ordenados encontrados en el rango } X,Y}{\textit{Total de pares ordenados del trazado}}$$

Proporción S/k del atractor

Despejando la proporción S/k de la ecuación 1 se la define en términos de las probabilidades (Matvéev 1987; Tolman 1979):

$$\frac{S}{k} = \sum_{x=1}^{n}\sum_{y=1}^{n} P(X,Y) \times Ln\, P(X,Y) \qquad \textbf{[Ecuación 2]}$$

Ahora, tomando las frecuencias de ocupación cuyo valor sea de unidades, decenas, centenas y miles se denominan las probabilidades de los rangos según sus frecuencias de ocupación como: P(U): Para unidades, P(D): Para decenas, P(C): Para centenas y P(M): Para miles. Aplicando esto a la ecuación 2 obtenemos:

$$\frac{S}{k} = \sum_{U} P(U) \times Ln\, P(U) + \sum_{D} P(D) \times Ln\, P(D) + \sum_{C} P(C) \times Ln\, P(C) + \sum_{M} P(M) \times Ln\, P(M)$$

[Ecuación 3]

Y si renombramos las sumatorias de acuerdo a su correspondiente frecuencia de ocupación como:

La ecuación 3 toma la forma:

$U = \sum_{U} P(U) \times Ln[P(U)]$ para unidades, $D = \sum_{D} P(D) \times Ln[P(D)]$ para decenas,

$C = \sum_{C} P(C) \times Ln[P(C)]$ para centenas, $M = \sum_{M} P(M) \times Ln[P(M)]$ para miles.

$$\frac{S}{k} = U + D + C + M \quad \textbf{[Ecuación 4]}$$

Entropía proporcional del atractor

Proporciones entre las partes (U,D,C,M) y la totalidad de la entropía (T) (Rodríguez 2010b), definidas como:

U/T, D/T, C/T, M/T, C/M y D/C.

3. Materiales y métodos

Se seleccionaron 4 pacientes diagnosticados como normales, provenientes de pacientes ambulatorios, y 4 pacientes provenientes de la Unidad de Cuidados Coronarios de la Fundación Cardio Infantil (Tabla 1) y se tomaron registros electrocardiográficos continuos durante 18 horas para la aplicación de la metodología. Para los normales se tomó un solo registro, mientras que para los pacientes patológicos se utilizó el registro electrocardiográfico continuo de la Unidad de Cuidados Coronarios, tomando 44 horas consecutivas y dividiendo esta información en dos registros de 18 horas con un intervalo de 8 horas entre ellos. Para el paciente A3 se evaluaron 56 horas continuas dividiendo esta información en tres registros sin intervalos entre ellos.

Siguiendo la metodología desarrollada por Rodríguez (2010b), a partir de la frecuencia cardíaca mínima, máxima y el número de latidos en cada hora, se utilizó un software previamente diseñado (Rodríguez *et al.* 2008) para generar una simulación de los valores consecutivos de la frecuencia cardíaca. Estos valores se utilizaron para construir un mapa de retardo que representa gráficamente el número de frecuencias de los pares ordenados de la frecuencia cardíaca en rangos de a cinco lat/min, ver definiciones, y se definieron tres regiones dentro del espacio de fases, así:

Región uno. Incluye todos los rangos de la frecuencia cardíaca que fueron comunes a todos los Holter normales.

Región dos. Incluye la totalidad de los rangos ocupados por Holter normales, excluyendo los de la región uno.

Región tres. Incluye los rangos de la frecuencia cardíaca que no son ocupados por los prototipos normales, es decir la región restante total del mapa de retardo.

Se definió un espacio de probabilidad donde cada pareja de frecuencias cardíacas se considera como un evento, y se evaluó la probabilidad de ocupación para cada región y cada examen, cuantificando la probabilidad para cada uno de los rangos de a cinco en el espacio de fases. Posteriormente se evaluó la entropía de cada atractor y se calculó la relación S/k (ecuación 2).

Con base en esta ecuación se agruparon los sumandos que corresponden a probabilidades asociadas a frecuencias de ocupación entre 1-9 (unidades), 10-99 (decenas), 100-999 (centenas) y 1000-9999 (miles), (ecuación 3), desarrollando dichas sumas (ecuación 4), para evaluar las proporciones existentes entre cada sumando respecto a la totalidad, es decir la proporción S/k, así como las proporciones entre centenas respecto a miles y decenas respecto a centenas para cada región determinada (ver definiciones).

4. Diagnóstico físico-matemático de las dinámicas

Aplicando la metodología diagnóstica desarrollada (Rodríguez 2010b), se evaluará si por lo menos dos de las proporciones en cualquiera de las tres regiones están fuera de los límites de normalidad, pues este es el criterio que diferencia anormalidad de normalidad. Para cuantificar específicamente la diferencia de cada dinámica respecto a la normalidad, a los valores de las proporciones que se encontraron por encima de los límites de normalidad previamente establecidos se les restó el límite superior de normalidad, mientras que los valores inferiores al valor mínimo de normalidad fueron restados de dicho valor límite.

4.1. Cuantificación preventiva: especificación de la enfermedad y evolución dentro de la enfermedad

Con el fin de determinar el nivel de gravedad de las dinámicas anormales, las restas de las proporciones que se encuentren fuera de los límites de normalidad se organizaran en cuatro grupos: 1) las restas de las proporciones asociadas a frecuencias de aparición de miles, 2) las restas correspondientes a centenas, 3) las restas asociadas a decenas, y 4) la restas correspondientes a unidades. Se realizará una sumatoria de los valores de cada grupo para obtener un único valor asociado a cada uno de los cuatro órdenes de magnitud evaluados, el cual cuantifica el nivel de diferencia de la dinámica respecto a la normalidad, de tal modo que valores mayores implicarán un mayor grado de anormalidad de la dinámica, como se estableció previamente (Rodríguez 2010b). Mediante este procedimiento es posible evaluar la evolución de un mismo paciente mediante la comparación del aumento o disminución de estos valores en el tiempo.

4.2. Simulación teórica de normalidad a enfermedad crónica de los atractores del sistema dinámico

Tomando valores de holter normales se realizó una simulación de cambio de los valores en las probabilidades de pares de frecuencias en las regiones de los atractores desde normalidad a enfermedad crónica.

4.3. Análisis de resultados

Se cuantifica la evolución de la dinámica cardíaca a través de las proporciones de la entropía y de las restas de las proporciones de los atractores de cada uno de los días para el mismo paciente, para luego confirmar si realmente se diferencia geométrica, física y matemáticamente los atractores entre las dinámicas normales y los de pacientes de la unidad de Cuidados Coronarios.

Posteriormente para los pacientes de la unidad de Cuidados Coronarios, se evaluaron los valores correspondientes a las sumas de las restas de proporciones por fuera de los límites de normalidad en el diagnóstico desarrollado en los días consecutivos evaluados, y se compararon los valores con las anotaciones clínicas correspondientes a la evolución del paciente en su historia clínica, para finalmente evaluar las predicciones físicas y cuantificar la evolución del paciente en los días evaluados, contrastada con la información clínica.

5. Resultados

Se encontró que los valores de la entropía para los atractores varió entre 1,93x10-23 y 7,00x10-23: entre 5,9197x10-23 y 7,0002x10-23 para los individuos normales, entre1,9330x10-23 y 6,5180x10-23 para los pacientes de la unidad de cuidados coronarios y entre 4,2490 x10-23 y 5,1110 x10-23 para la simulación realizada (Tabla 2).

Se encontró que en los pacientes diagnosticados como normales los valores de las proporciones de la entropía U/T se encontraron entre 0 y 0,0047, D/T entre 0 y 0,0911, C/T entre 0 y 0,5513, M/T entre 0 y 0,3758, C/M entre 1,3356 y 1,6890 y D/C entre 0,0804 y 3,1188 (Tabla 2). Para los valores de la simulación los valores de las proporciones U/T se encontraron entre 0 y 0,0150, D/T entre 0,0027 y 0,1272, C/T entre 0 y 0,6040, M/T entre 0 y 0,2308, C/M entre 1,7130 y 3,1205 y D/C entre 0,0753 y 2,7443 (Tabla 2). Para los pacientes provenientes de la Unidad de Cuidados Coronarios los valores de las proporciones U/T se encontraron entre 0 y 0,0452, D/T entre 0 y 0,0867, C/T entre 0 y 0,4205, M/T entre 0 y 0,9138, C/M entre 0,0889 y 24,2163 y D/C entre 0 y 1,2439 (Tabla 3).

Los pacientes de la unidad de cuidados coronarios presentaron valores de proporciones fuera de los límites de normalidad establecidos previamente (Rodríguez 2010b), permitiendo cuantificar los valores de evolución de la dinámica caótica

cardíaca y logrando realizar comparaciones apriori para el cambio de los valores en el contexto de la evolución clínica de acuerdo con la metodología desarrollada.

Al comparar la evolución observada de acuerdo con los parámetros clínicos convencionales respecto a las medidas físico-matemáticas obtenidas, se encuentra que todos los pacientes presentan valores en las sumas de las restas agrupadas de Miles, lo cual concuerda con el diagnóstico convencional, pues todos tienen infartos como antecedente clínico (Tabla 4). Se confirman las predicciones realizadas para las proporciones de la entropía de los sistemas dinámicos cardíacos pues por lo menos dos de las proporciones evaluadas para los atractores anormales en cualquiera de las regiones no se encuentran contenidas dentro de los límites de normalidad establecidos.

El paciente A1 es ingresado a la unidad de Cuidados Coronarios por presentar infarto con elevación del segmento ST, presentando como manifestación clínica dolor torácico. Al segundo de evolución, el paciente es reportado como asintomático y con estabilidad hemodinámica (Tabla 1). Sin embargo, los valores de las sumas de las restas agrupadas del orden de Miles aumentan levemente, pasando de 1,22 a 1,23, indicando que el paciente aún sin presentar síntomas visibles presenta una dinámica cardíaca que evoluciona a un estado más agudo (Tabla 4).

La paciente A2 es ingresada a la unidad de Cuidados Coronarios por presentar una bradicardia sinusal, asociado a una enfermedad nodo sinusal con posible isquemia miocárdica evidenciando por deterioro de la clase funcional de dos semanas de evolución (Tabla 1). Sin embargo, las sumas de las restas agrupadas presentan un fuerte aumento de la primera a la segunda dinámica, indicando una evolución hacia enfermedad aguda. Así los valores de Miles pasaron de 0,81 a 24,25 (Tabla 4). Esto concuerda con los valores de las frecuencias reportadas en el holter, pues mientras en el día 1 las frecuencias oscilaban entre 65 y 80 lat/min, en el día 2 comenzaron a oscilar entre 40 y 215 lat/min, evidenciando que si bien la paciente podía no presentar síntomas visibles durante su evolución, su dinámica cardíaca presenta alteraciones que evidencian una progresión hacia un estado de mayor gravedad respecto al día 1.

El paciente A3, ingresa a la unidad de Cuidados Coronarios por enfermedad coronaria severa y angina inestable, por lo cual se le realiza un cateterismo cardíaco y se coloca un stent en la coronaria derecha (Tabla 1), presentando valores característicos de enfermedad aguda desde la primera dinámica evaluada (Tabla 4). Durante la segunda dinámica se reporta que el paciente no ha presentado dolor torácico, tolerando el decúbito al momento de la evolución, sin presencia de episodios de sincope o palpitaciones. Esto concuerda con una leve disminución en los valores de las sumas de las restas durante la segunda dinámica, que pasaron de 0,95 a 0,94 en los valores de Miles (Tabla 4). Sin embargo, se trata de valores altos que indican enfermedad aguda, a pesar de que el paciente no presenta síntomas clínicos durante la segunda dinámica. Para la tercera dinámica se presentó un aumento en todos los valores de las sumas de las restas, presentándose un aumento de 1,77 en el valor de Miles respecto a la dinámica anterior, lo cual se correlaciona con el reporte de infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST en el área de cava inferior, asociado a fibrilación auricular y taquicardia ventricular primaria no sostenida.

El paciente A4 ingresa con un cuadro de infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST KK II tipo 1 y enfermedad coronaria severa de 2 vasos, cardiopatía isquémica con fracción de eyección ventricular izquierda 35%, en post-operatorio angioplastia coronaria trasluminal y colocación de stent, reportando hipokalemia al momento del ingreso, cuadro característico de enfermedad aguda (Tabla 1) que se corrobora con la presencia de valores de Miles en las sumas de las restas de la primera dinámica (Tabla 4). Se reporta hipokalemia corregida durante la primera dinámica evaluada, mientras que en la segunda se reporta una evolución favorable que persiste con signos de sobrecarga de volumen y bajo gasto dados por estertores (Tabla 1). Dicha evolución se evidencia en la disminución de los valores de sumas de las restas, donde se presenta un valor de miles de 1,36 en la primera dinámica, mientras que en la segunda este valor es 1,04, evidenciando que aunque la patología es aguda, hay una mejoría significativa (Tabla 4).

No	Edad	Sexo	Diagnóstico	Evolución
A1	64	M	Infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST anteroseptal KKI tipo1. Enfermedad coronaria severa multivaso con oclusión luminal del 50%. Cardiopatía isquémica fracción de eyección ventricular izquierda de 45%. Con antecedente de Hipertensión arterial. Dislipidemia. Hipotiroidismo. Aneurisma de aorta abdominal infrarrenal.	Día 1: Presenta dolor torácico.
				Día 2: Asintomático cardiovascular. Estable hemodinámicamente.
A2	72	F	Enfermedad coronaria. Hipertensión arterial. Bradicardia sinusal. Disfunción nodo sinusal. Sospecha de isquemia miocárdica.	Dia 1: Deterioro de clase funcional.
				Dia 2: Asintomático
A3	59	M	Enfermedad coronaria severa. Angina inestable. Con antecedente de revascularización miocardica con bypass.	Dia 1: Paciente con dolor torácico y fibrilación auricular, se le realiza cateterismo cardiaco más colocación de Stent en coronaria derecha. Posterior a colocación de Stent se evidencia lesión proximal intra-Stent con oclusión y fenómeno de no reflejo. Evidencia de bloqueo auriculo-ventricular de III grado de tipo paroxístico. Con evidencia de lesión subepicardica inferoposterior.
				Dia 2: Paciente sin sangrados, no dolor torácico, quien tolera decúbito, sin episodios de sincope, sin palpitaciones.
				Dia 3: Presenta infarto agudo del miocardio con elevación del

				segmento ST en área de cava inferior tipo 4a de 24 horas de evolución. Fibrilación auricular con cardioversión farmacológica. Taquicardia ventricular primaria no sostenida. Colocación de marcapaso transvenoso.
A4	63	M	Infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST KKI tipo 1. Enfermedad coronaria severa de 2 vasos. Cardiopatía isquémica con fracción de eyección ventricular izquierda de 35%. Post-operatorio inmediato de angioplastia coronaria transluminal percutánea mas colocación de stent. Hipokalemia. Antecedente de dislipidemia. Tabaquismo pesado.	Dia 1: Hipokalemia corregida. Paciente refiere dolor abdominal asociado a distensión abdominal, sin presencia de disnea, no dolor torácico inspiratorio. Evolución lenta con signos de congestión venocapilar favorecidos por compromiso de fracción de eyección ventricular derecha.
				Dia 2: Paciente presenta taquicardia ventricular no colapsante, con síndrome de bajo gasto cardíaco secundario. En post-operatorio día 2 de angioplastia coronaria transluminal percutánea mas colocación de stent. Quien presenta dolor abdominal no resuelto. Tos por inhibidores de enzima convertidora de angiotensina. Tos con espectoración hialina sin nuevo episodio anginoso, leve disnea, diuresis disminuida. Evolución lenta persiste con signos de sobrecarga de volumen y bajo gasto dados por estertores, con insuficiencia renal aguda prerrenal, e hipoperfusión tisular.

Tabla 15.1. Información clínica de los pacientes de la Unidad de Cuidados Coronarios.

Paciente		N1	N2	N3	N4	Simulación		
						1	2	3
Entropía		5,9315E-23	5,9197E-23	7,0002E-23	6,5620E-23	5,1110E-23	5,0660E-23	4,2490E-23
Región	Proporción							
REGION 1	U / T	0,0002	0,0003	0	0	0	0,0042	0,0050
	D / T	0,0393	0,0911	0,0774	0,0765	0,0451	0,1272	0,0542
	C / T	0,4886	0,5513	0,4926	0,5019	0,5986	0,6040	0,3953
	M / T	0,3490	0,3264	0,3338	0,3758	0,1918	0,1935	0,2308
	C / M	1,4000	1,6890	1,4756	1,3356	3,1205	3,1205	1,7130
	D / C	0,0804	0,1652	0,1571	0,1524	0,0753	0,2106	0,1372
REGION 2	U / T	0,0003	0,0016	0,0005	0,0047	0,0161	0,0162	0,0193
	D / T	0,0908	0,0213	0,0692	0,0311	0,0966	0,0027	0,1162
	C / T	0,0319	0,0081	0,0266	0,0100	0,0352	0,0355	0,1169
	M / T	0	0	0	0	0	0	0,0424
	C / M							2,7604
	D / C	2,8488	2,6206	2,6002	3,1188	2,7443	0,0767	0,9942
REGION 3	U / T	0	0	0	0	0,0050	0,0050	0,0060
	D / T	0	0	0	0	0,0116	0,0117	0,0139
	C / T	0	0	0	0	0	0	0
	M / T	0	0	0	0	0	0	0
	C / M							
	D / C							

Tabla 15.2. Valores de entropía y las proporciones de la entropía para los pacientes diagnosticados como normales y para la simulación de evolución de tres dinámicas de normalidad a enfermedad crónica.

Paciente		A1		A2		A3			A4	
		Día 1	Día 2	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2	Día 3	Día 1	Día 2
Entropía		4,8180E-23	3,3170E-23	1,9330E-23	6,5180E-23	2,9450E-23	2,2010E-23	1,9610E-23	3,2390E-23	3,2530E-23
Región	Proporción									
R 1	U / T	0	0	0	0,0082	0	0	0	0	0
	D / T	0,0071	0,0063	0	0,0867	0,0109	0,0204	0	0,0050	0,0264
	C / T	0,1354	0,1367	0,2999	0,4205	0,2448	0,2443	0,0860	0,0812	0,2046
	M / T	0,8435	0,8569	0,7001	0,0174	0,7443	0,7353	0,7742	0,9138	0,7689
	C / M	0,1606	0,1596	0,4285	24,2163	0,3290	0,3322	0,1110	0,0889	0,2661
	D / C	0,0525	0,0463	0	0,2062	0,0444	0,0834	0	0,0622	0,1292
R 2	U / T	0	0	0	0,0259	0	0	0	0	0
	D / T	0,0067	0	0	0,0220	0	0	0	0	0
	C / T	0,0054	0	0	0,1096	0	0	0,0534	0	0
	M / T	0	0	0	0,0375	0	0	0,0864	0	0
	C / M				2,9183			0,6175		
	D / C	1,2439			0,2007			0		
R 3	U / T	0	0	0	0,0452	0	0	0	0	0
	D / T	0,0019	0	0	0,0385	0	0	0	0	0
	C / T	0	0	0	0,1461	0	0	0	0	0
	M / T	0	0	0	0,0424	0	0	0	0	0
	C / M				3,4449					
	D / C				0,2635					

Tabla 15.3. Valores de entropía y las proporciones de la entropía para los pacientes de la Unidad de Cuidados Coronarios.

Paciente	Día	M	C	D	U
A1	1	1,22	2,44	0,03	0,00
	2	1,23	1,23	0,03	0,00
A2	1	0,81	0,85	0,04	0,00
	2	24,25	26,87	0,04	0,07
A3	1	0,95	0,96	0,03	0,00
	2	0,94	0,92	0,02	0,00
	3	2,71	5,29	0,04	0,00
A4	1	1,36	1,34	0,04	0,00
	2	1,04	1,02	0,01	0,00
Simulación	1	0,00	0,05	0,01	0,01
	2	0,00	2,46	0,05	0,02
	3	0,02	1,63	0,01	0,02

Tabla 15.4. Valores de sumas de las restas agrupadas según se describe en la metodología aplicada.

6. Discusión

Este es el primer trabajo en el que se estudia en la unidad de Cuidados Coronarios, la evolución de la dinámica cardíaca a partir de una metodología diagnóstica y preventiva previamente desarrollada (Rodríguez 2010b) basada en el cálculo de proporciones de la entropía, y el análisis de aparición de pares ordenados de frecuencias consecutivas en el contexto de proporciones de la entropía. Desarrollándose también simulaciones teóricas de posibles vías en la que un paciente puede ir desde la normalidad hacia la enfermedad crónica. Desde una perspectiva acausal determinista, se estudia objetivamente y desde predicciones físicas y matemáticas, el fenómeno de evolución de un paciente determinado en la unidad de Cuidados Coronarios, mostrando así la capacidad diagnóstica y predictiva de la teoría, logrando un resultado cientifico-clinico. La metodología aplicada aquí es independiente de patología, intervenciones, de poblaciones, la edad debe ser mayor a 21 años, y de análisis estadísticos. Al comparar los valores de la entropía de los atractores con los límites obtenidos en el trabajo previo (Rodríguez 2010b), se observa que en los holters normales las entropías se encuentran contenidas dentro del límite superior, establecido en 7,09 x10-23, mientras que sobrepasan el límite inferior, correspondiente a 6,39x10-23, permitiendo ajustar los límites previamente obtenidos. Para el caso de los holters anormales se encuentra nuevamente que los valores están contenidos dentro del límite superior, que es de 6,96x10-23, y sobrepasan el límite inferior, que se encuentra en 4,40 x10-23 (Rodríguez 2010b).

La metodología aplicada en este trabajo ya había expuesto su capacidad en el estudio de la evolución a nivel clínico de un paciente (Rodríguez 2010b), pues en un

estudio en el que se habían enmascarado las conclusiones de la lectura del holter, se encontró después de desenmascararlas, que tres de ellos pertenecían a un mismo paciente en diferentes momentos de tiempo, dicho paciente mostraba según las medidas matemáticas una "disminución" en la evolución hacia la enfermedad, mostrando que el procedimiento al que había sido sometido (operación de ablación) había sido exitoso como ya se había corroborado a nivel clínico. Luego de que la dinámica cardíaca ha sido caracterizada y se han desarrollado las predicciones se encuentra que una dinámica cardíaca aguda no puede recuperar la evolución dinámica de normalidad en las medidas realizadas en los atractores. Por lo que la disminución en los valores de miles lo que muestra es como se puede dar la recuperación en la unidad de Cuidados Coronarios, recuperación que en términos físicos es una nueva autorganización del sistema dinámico después de un evento agudo pero no recupera el estado dinámico del atractor de normalidad, así, con esta metodología es posible cuantificar objetivamente y de forma reproducible la recuperación de un paciente en la unidad de Cuidados Coronarios.

Las concepciones tradicionales están basadas en una concepción homeostática de la fisiología cardíaca, desde la cual se asume que el funcionamiento del corazón sano está asociado a un comportamiento periódico de la frecuencia cardíaca en el tiempo (Castellano 1996). Esta concepción ha sido desvirtuada por estudios realizados en las dos últimas décadas a partir de la implementación teorías de la física y la matemática del estudio del comportamiento cardíaco. Ejemplo de ello son los trabajos de Goldberger y colaboradores (Goldberger *et al.* 2002; Huikuri *et al.* 2000; Goldberger *et al.* 1996; Lipsitz *et al.* 1992; Goldberger *et al*. 1990; Goldberger *et al.* 1987), quienes aplicaron el concepto de dimensión fractal al estudio de la dinámica cardíaca, encontrando que tanto la excesiva periodicidad como la aleatoriedad están asociadas a la enfermedad, mientras que un comportamiento intermedio corresponde a la salud. La aplicación de la teoría de los sistemas dinámicos al estudio de la evolución del sistema cardiovascular sano muestra que éste tiene un comportamiento caótico y no periódico como se esperaba. Huikuri *et al.* (2000) ha realizado investigaciones en las que aplicando dimensiones fractales ha logrado encontrar predictores de muerte más precisos que los parámetros de evaluación clínica convencionales. A pesar de estos avances Juha *et al*. (2005) en una revisión de las medidas fractales y de complejidad en la variabilidad de la frecuencia cardíaca aplicando diferentes medidas a pacientes específicos, mostraron que su aplicación clínica no está bien establecida.

La metodología desarrollada anteriormente y aplicada en este trabajo (Rodríguez 2010b), estudia el fenómeno de la dinámica caótica desde una perspectiva diferente, en la que no se recurre a metodologías estadísticas como en los trabajos mencionados anteriormente. Esta metodología está fundamentada en teorías físicas y matemáticas, (sistemas dinámicos y probabilidad) y en leyes y principios de la física teórica (probabilidad y entropía) que no requieren para su aplicación de metodologías estadísticas, permitiendo así que la metodología sea aplicable a cada caso particular es en la práctica clínica diaria como un método de ayuda diagnóstica, de prevención y de evaluación de intervenciones. Esto se evidencia en los pacientes A1 y A2, que son

reportados como asintomáticos, sin embargo las medidas matemáticas evidencian que sus dinámicas tienen una tendencia a enfermedad aguda, en el primer caso leve y en el segundo muy drástica, sugiriendo que esta metodología puede cuantificar objetivamente la evolución de la dinámica permitiendo evidenciar alteraciones que pueden no asociarse a signos visibles de acuerdo con las metodologías de evaluación tradicional. La paciente A2 a pesar de reportarse como asintomática, está en la Unidad de Cuidados Coronarios por un deterioro funcional reportado desde hace 15 días, deterioro que se evidencia en las medidas matemáticas, que señalan que el sistema estaba evolucionando hacia un estado más agudo, aún sin presentar síntomas, evidenciando así que independientemente de los síntomas, la dinámica cardíaca es un sistema físico cuya dinámica viene determinada por predicciones físicas, y que su uso puede ser muy importante en la prevención a nivel clínico. El paciente A3 evidencia especialmente la capacidad de la metodología para evaluar intervenciones clínicas y operaciones, pues las medidas matemáticas del holter durante la primera dinámica evidencian un estado agudo asociado a un síndrome coronario agudo reportado a nivel clínico, que requiere la implantación de un stent, procedimiento que se realiza durante la segunda dinámica evaluada y que aunque produce una leve disminución inmediata de los valores de Miles en las sumas de las restas de las proporciones fuera de rangos de normalidad, lleva a una agudización de la evolución del sistema dinámico cardíaco, que a nivel clínico presenta un Infarto durante la tercera dinámica evaluada, lo que se corrobora con el aumento de Miles en las medidas matemáticas de las sumas de las restas de las proporciones fuera de normalidad.

De este modo los resultados evidencian que los parámetros físicos y matemáticos de la metodología son capaces de predecir a nivel clínico si un paciente presenta una dinámica cardíaca cuyas medidas sean más cercanas o lejanas a las características matemáticas de normalidad, permitiendo comparar estas medidas con las realizadas para el mismo paciente en otro momento, dando al médico parámetros objetivos y reproducibles de su evolución en el tiempo para tomar decisiones en su práctica clínica.

La probabilidad es una medida predictiva de la posible ocurrencia de un evento (Feynman *et al.* 1998), cuyo valor numérico se encuentra en el intervalo real [0, 1]; Kolmogorov definió a partir de tres axiomas la función de probabilidad (Mood *et al.* 1974). En cuanto a la entropía, su definición ha variado a lo largo del avance de las teorías físicas. En la termodinámica, Carnot la definió en términos de las proporciones de calor dado y cedido entre maquinas (Feynman *et al.* 1998); Boltzmann la definió en el marco de la teoría cinética de los gases a partir de los conceptos de macro y micro estados; en la mecánica estadística este último concepto fue generalizado para los sistemas fuera del equilibrio (Matvéev 1987; Tolman 1979); también Shannon *et al.* (1949) y Bekenstein (2003) la han redefinido y utilizado en la teoría de la información e información holográfica respectivamente.

En este trabajo la entropía es una medida de la autorganización de las proporciones de ocupación geométrica del atractor. De esta forma para caracterizar la dinámica cardíaca y establecer diferencias individuales para cada paciente es necesario

establecer relaciones de partes y totalidad de la probabilidad y la entropía en atractores geométricos, pues de esta forma podemos diferenciar normalidad de enfermedad crónica y de enfermedad aguda, lo que no se encuentra al estudiar medidas de variabilidad pues existen rangos en los que los valores de probabilidad y entropía se superponen. La simulación computacional en los rangos hallados empíricamente en el Holter es una simplificación, que enseña de manera teórica como pueden ser las vías de evolución entre normalidad y enfermedad, como se evidenció en este trabajo al realizar las simulaciones teóricas desde la normalidad a enfermedad crónica, lo cual podría ser muy útil en la predicción ambulatoria y aplicado a la clínica.

En este estudio, la dinámica cardíaca sugiere que se encuentra dentro del caos determinista (Sánchez 2008; Calabrese 1999), por la memoria de la información del sistema. Sin embargo las predicciones y las diferenciaciones de la totalidad de las dinámicas cardíacas vistas de la entropía proporcional abren la posibilidad de considerar este estudio como una predicción desde el principio de la entropía de la mecánica estadística, como fundamentador de la evolución de los sistemas dinámicos caóticos, sugiriendo un camino que sustenta la teoría del caos desde una concepción geométrica de la entropía y evidenciando un orden físico y matemático que no se relaciona con la aleatoriedad ni el azar de los sistemas dinámicos (Chaitin 1988).

Asimismo, se ha logrado encontrar un orden subyacente en fenómenos de difícil predicción como la dinámica de epidemias (Rodríguez 2010d), en la que a partir de las teorías de probabilidad y entropía se desarrolló una metodología predictiva para cada tres semanas epidemiológicas sobrelapadas en el tiempo de la dinámica de la epidemia de malaria en cada municipio de Colombia, logrando caracterizar brotes de forma matemática y estableciendo predicciones que fueron comprobadas en el 99.98% de los pacientes en el periodo 2003-2007, superando así los modelos de canales epidemiológicos que requieren información de cinco a siete años anteriores (Bortman 1999). También se caracterizó la dinámica temporal de malaria en Colombia, anualmente desde el año 1960, a partir del cálculo de probabilidades y la evaluación de aparición anual de infectados en rangos, obteniéndose una predicción en el número de pacientes infectados para el 2007 acertada en un 100% respecto a los datos experimentales (Rodríguez 2009b). Igualmente a partir de la teoría de la probabilidad, y del análisis de aparición de aminoácidos por grupos en péptidos de alta unión y de no unión en 4 proteínas de superficie del merozoíto, se desarrolló una metodología predictiva de unión a receptores del glóbulo rojo, con una sensibilidad del 95% y una especificidad del 90%, respecto a los resultados experimentales (Rodríguez 2010c). Y en el área de experimentación en animales se desarrolló una generalización (Rodríguez 2010a) de una metodología aplicada a un modelo experimental de re-estenosis en porcinos (Rodríguez *et al.* 2002), en la que a partir del cálculo de dimensiones fractales y su evaluación mediante la armonía matemática intrínseca se diferenciaron matemáticamente arterias normales de estenosadas o restenosadas; la generalización se realizó a partir de una inducción basada en dos arterias normales y tres enfermas, encontrando así que todas las arterias del universo están representadas por un numero finito, 69.249, de prototipos de normalidad y de enfermedad, permitiendo así generar

una metodología objetiva y reproducible que disminuya el sacrificio innecesario de animales y los recursos económicos necesarios para este tipo de investigaciones.

Este nuevo enfoque en la medicina, basado en la generación de teorías de los fenómenos del cuerpo humano, permitirá establecer predicciones de la dinámica de estos, así como en los fenómenos físicos la ley de gravitación universal predice la aparición de Neptuno, llevándola así a una comprensión universal del cuerpo humano.

Se tratade una concepción intermedia entre Einstein y Bohr, es decir entre el determinismo del primero y el indeterminismo del segundo; en el que los fenómenos serian simultáneamente deterministas e indeterministas, mostrando que no es que Dios juegue o no a los dados, sino que "juega a los dados pero cargados" permitirá desarrollar metodologías como la aplicada en este trabajo en la que se utiliza una nueva reinterpretación de la entropía.

7. Conclusiones

El estudio de la dinámica cardíaca a partir de proporciones de la entropía simplifica su descripción, permitiendo cuantificar objetivamente y de forma reproducible la evolución de cualquier paciente particular en la unidad de Cuidados Coronarios.

Es posible desarrollar a partir de la metodología diagnóstica aplicada, y desde una perspectiva teórica, simulaciones de las posibles vías de evolución que pueden ser útiles en la práctica clínica diaria.

Se evidenció una autorganización de la dinámica cardíaca en cualquier estado dinámico del sistema, de esta forma todos los diferentes estados entre normalidad y enfermedad son autorganizaciones del sistema. Desde esta teoría se podrían evaluar las diferentes intervenciones clínicas que se realicen sobre el sistema, así como predecir su posible evolución, permitiendo tomar medidas preventivas.

La capacidad evaluativa de esta metodología sugiere que estas predicciones son útiles en la evaluación de evolución en la recuperación de pacientes después de intervenciones farmacológicas y/o quirúrgicas.

Bibliografía

Bekenstein, J. 2003. "La información en el Universo holográfico" En *Investigación y ciencia* 325:36-43.

Bortman, M. 1999. "Elaboración de corredores o canales endémicos mediante planillas de cálculo" En *Pan Am J PublicHealth* 5(1):1-8.

Calabrese, JL. 1999. "Ampliando las fronteras del reduccionismo. Deducción y sistemas no lineales" En *Psicoanálisis ApdeBA* 21(3):431-453.

Castellano Reyes, Carlos. 1996. *Electrocardiografía clínica.* Madrid: HarcourtBrace.

Chaitin, GJ. 1988. "Aritmética y azar" En *Investigación y Ciencia* 144:44-50.

Devaney, R. 1992. A first course in chaotic dynamical systems theory and experiments. En *Reading Mass,* editado por Addison-Wesley. Pag: 1-48.

Feynman, RP. Leighton, RB. Sands, M. a 1998. Probabilidad. En *Física. Feynman RP, Leighton RB, Sands M. Física. Vol. 1*. Editado por Wilmington: Addison-Wesley. Primera edición. México: Iberoamericana, S. A. Pag: 6-1 - 6-16.

Feynman, RP. Leighton, RB. Sands, M. b 1998. Leyes de la termodinámica. En *Física. Feynman RP, Leighton RB, Sands M. Física*. *Vol. 1*, editado por Wilmington: Addison-Wesley. Primera edición. México: Iberoamericana, S. A. Pag: 44-1 - 44-19.

Fleisher, LA. Pincus, SM. Rosenbaum, SH. 1993. "Approximate entropy of heart rate as a correlate of postoperative ventricular dysfunction" En *Anesthesiology* 78:683–92.

Girón González Torre, FJ. *Determinismo, caos, azar e incertidumbre*. [citado 09-12.2010]. Disponible en www.rac.es/ficheros/doc/00327.pdf

Goldberger, A. Amaral, L. Hausdorff, J. Ivanov, P. Peng, C. Stanley, H. 2002. "Fractal dynamics in physiology: alterations with disease and aging" En *Proc Natl Acad Sci USA* 99(suppl1):2466–72.

Goldberger, A. 1996. "Non-linear dynamics for clinicians: chaos theory, fractals, and complexity at the bedside" En *Lancet* 347:1312–1314.

Goldberger, A. Rigney, D. West, B. 1990. "Chaos and fractals in human physiology" En *Sci Am* 262:42-49.

Goldberger, Ary L. West, Bruce J. 1987. "Fractals in physiology and medicine" En *The Yale Journal Of Biology* 60:421-435.

Hogue, CW Jr. Domitrovich, PP. Stein, PK. Despotis, GD. Re L Schuessler, RB. Kleiger, RE. Rottman, JN. 1998. "RR interval dynamics before atrial fibrillation in patients after coronary artery bypass graft surgery" En *Circulation* 98:429–34.

Huikuri, H. Mäkikallo, T. Peng, Ch. Goldberger, A. Hintze, U. Moller, M. 2000. "Fractal Correlation Properties of R-R Interval Dynamics and Mortality in Patients With Depressed Left Ventricular Function After an Acute Myocardial Infarction" En *Circulation* 101:47-53.

Juha, S. Perkio ¨Ma¨ Ki, Timo H. Ma¨ Kikallio, HeikkiHuikuri. 2005. "Fractal and complexity measures of heart rate variability" En *Clin ExpHypertens* 2 y 3:149-58.

Lin, LY. Lin, JL. Du, CC. Lai, LP. Tseng, YZ. Huang, SKS. 2001. "Reversal of deteriorated fractal behavior of heart rate variability by beta-blocker therapy in patients with advanced congestive heart failure" En *J CardiovascElectrophysiol* 12:26–32.

Lipsitz, L. Goldberger, A. 1992. "Loss of "Complexity" and Aging. (Preliminary Communication)" En *JAMA* 267(13):1806–1809.

Matvéev, A. 1987. *Física molecular*. Primera edición. Moscú: MIR.

Mood, A. Graybill, F. Boes, D. 1974. *Introduction to the theory of statistics*. 3ª ed. Singapore: Mc. Graw-Hill.

Palma, J. Arribas, A. Ramón, J. Juanatey, G. Marín, E. y Simarro, E. 2000. "Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en la monitorización ambulatoria del electrocardiograma y presión arterial" En *Rev Esp Cardiol* 53:91-109

Peitgen, H. 1992. Length area and dimension. Measuring complexity and scalling properties. En *Chaos and Fractals: New Frontiers of Science*, editado por Springer-Verlag. Nueva York, Estados Unidos. Pag: 183-228.

Perkio, J. Zareba, W. Badilini, F. Moss, AJ. 2002. "Influence of atropine on fractal and complexity measures of heart rate variability" En *Ann Noninv Electrocardiol* 7:326–31.

Pincus, SM. Goldberger, AL. 1994. "Physiologic time-series analysis: what does regularity quantify?" En *Am J Physiol* 226:H1643–56.

Pincus, SM. Huang, WM. a 1992. "Approximate entropy: statistical properties and applications" En *Commun Stat Theory Meth* 21:3061–77.

Pincus, SM. Viscarello, RR. b 1992. "Approximate entropy: a regularity statistic for fetal heart rate analysis" En *Obstet Gynecol* 79:249–55.

Pincus, SM. Gladstone, mi. Ehrenkranz, RA. 1991. "A regularity statistic for medical data analysis" En *J Clin Monit* 7(4):335-45.

Rodríguez, J. Prieto, S. Correa, C. Bernal, P. Puerta, G. Vitery, S. Soracipa, Y. Muñoz, D. 2010a. "Theoretical generalization of normal and sick coronary arteries with fractal dimensions and the arterial intrinsic mathematical harmony" En *BMC MedicalPhysics* 10:1 doi:10.1186/1756-6649-10-1. Disponible en http://www.biomedcentral.com/1756-6649/10/1.

Rodríguez, J. 2010b. "Entropía Proporcional de los Sistemas Dinámicos Cardíacos: Predicciones físicas y matemáticas de la dinámica cardíaca de aplicación clínica" En *Rev Colomb Cardiol* 17:115-129 Disponible http://www.scc.org.co/REVISTASCC/v17/v17n3/pdf/v17n3a6.pdf.

Rodríguez, J. Bernal, P. Prieto, S. Correa, C. 2010c. "Teoría de péptidos de alta unión de malaria al glóbulo rojo. Predicciones teóricas de nuevos péptidos de unión y mutaciones teóricas predictivas de aminoácidos críticos" En *Inmunología* 29(1):7-19.

Rodríguez, J. 2010d. "Método para la predicción de la dinámica temporal de la malaria en los municipios de Colombia" En *Rev Panam Salud Pública* 27(3):211-8.

Rodríguez, J. Correa, C. Ortiz, L. Prieto, S. Bernal, P. Ayala, J. 2009a. "Evaluación matemática de la dinámica cardíaca con la teoría de la probabilidad" En *Rev Mex Cardiol* 20(4):183-9.

Rodríguez, J. 2009b. "Dinámica probabilista temporal de la epidemia de malaria en Colombia" En *Revista Med* 17(2):214-22.

Rodríguez, J. Prieto, S. Avilán, N. Correa, C. Bernal, P. Ortiz, L. Ayala, J. 2008. "Nueva metodología física y matemática de evaluación del Holter" En *Rev Colomb Cardiol* 15:50-4.

Rodríguez, J. Prieto, S. Ortiz, L. Bautista, A. et al. 2006. "Diagnóstico Matemático de la monitoria fetal aplicando la ley de Zipf-Mandelbrot" En *Rev Fac Med Univ Nac Colomb* 54(2):96-107.

Rodríguez, J. Mariño, M. Avilán, N. Echeverri, D. 2002. "Medidas fractales de arterias coronarias en un modelo experimental de reestenosis; Armonía matemática intrínseca de la estructura arterial" En *Rev Col Cardiol* 10:65-72.

Sánchez, N. Garduño, MR. Ritter, W. Guzmán, SA. 2008. "Los límites del pronóstico newtoniano y la búsqueda del orden en el caos" En *Ingeniería Investigación y Tecnología* 9(2):171-181.

Shannon, C.E. and Weaver. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.

Tolman, R. 1979. *Principles of statistical mechanics*. Primera edición. New York: Dover Publications..

Tulppo, MP. Ma¨kikallio, TH. Takala, TE. Seppa¨nen, T. Huikuri, HV. 1996. "Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise" En *Am J Physiol* 271:H244–52.

Vikman, S. Ma¨kikallio, TH. Yli-Ma¨yry, S. Pikkuja¨msa¨, S. Koivisto, AM. Reinikainen, P. Airaksinen, KE. Huikuri, HV. 1999. "Altered complexity and correlation properties of RR interval dynamics before the spontaneous onset of paroxysmal atrial fibrillation" En *Circulation* 100:2079–84.

CAPÍTULO XVI

Utilidad del enfoque de identificación no lineal para el estudio de señales electrofisiológicas complejas

José Luis Hernández Cáceres[*i], Luis García Domínguez[ii], Miguel Sautié Castellanos[i], Eligio Kindelán Cira[iii], Javier Jas[iv], Ángel Calzadilla[v]

1. Introducción

El impacto de lo que se ha resumido en denominar "pensamiento complejo" ha permitido no solamente comprender la naturaleza del mundo circundante desde una óptica diferente, sino también adquirir la posibilidad de desarrollar herramientas que permitan evaluar procesos para los cuales el paradigma clásico de modelación newtoniana resultaba insuficiente. Este trabajo resume nuestra experiencia en la aplicación del método de identificación no lineal para el estudio de señales electrofisiológicas complejas.

Desde finales del siglo XIX se ha comprobado que el organismo humano genera diferentes tipos de señales eléctricas, algunas de las cuales se modifican ante la presencia de enfermedad u otras condiciones fisiológicas. Entre las señales más interesantes se encuentran aquellas que se obtienen a partir de los sistemas nervioso y cardiovascular, como el electroencefalograma, el electrocardiograma, la señal fotopletismográfica y otras.

[*] Profesor Titular, Investigador Titular, Facultad de Ciencias Médicas "Diez de Octubre" (La Habana) Datos de contacto. Dirección postal: Facultad de Ciencias Médicas de 10 de Octubre MINSAP. Josefina no.112 e/ Revolución y Gelabert. 10 de Octubre, La Habana, CP 10500; Teléfono: (537) 6493979. Correo electrónico: cacerjlh@yahoo.com; cacerjlh@infomed.sld.cu
[i] Facultad de Ciencias Médicas "Diez de Octubre", La Habana, Cuba.
[ii] Hospital for Sick Children, Toronto, Canada.
[iii] Instituto Superior Pedagógico para Educación Técnica y Profesional (ISPETP) "Héctor Alfredo Pineda Zaldívar", La Habana, Cuba
[iv] Instituto Superior de Cultura Física "Manuel Fajardo" La Habana, Cuba.
[v] Ciudad Universitaria José Antonio Echevarría, La Habana, Cuba.

La medicina del siglo XIX aún era una profesión, bella y humanista, pero empírica y desligada en ocasiones del pensamiento "racional" que se había entronizado desde el siglo XVII en la mecánica y en el resto de las ciencias naturales.

El siglo XX marcó el inicio de la incorporación de la metodología científica a la práctica médica, así, por ejemplo, en 1924 se le otorgó al biofísico holandés Willem Einthoven el premio Nobel en medicina por haber construido el primer sistema de registro electrocardiográfico y haber desarrollado los fundamentos de la interpretación clínica del electrocardiograma. En 1929 Hans Berger publica la famosa serie de artículos "Das Elektroencefalogram des Menshen" donde resume más de cinco años de minucioso registro de la actividad eléctrica cerebral.

Sin embargo, la manera en que las señales eléctricas se interpretan en medicina ha sido bien diferente de la manera en que los físicos las han visto. En medicina se habla de "ondas alfa, beta, gamma" en el electroencefalograma; se comenta sobre la inversión de la onda T en el electrocardiograma, etc.

Es posible que para los físicos de mediados del siglo XX esa manera tan poética de interpretar los fenómenos que emergen siguiendo las estrictas ecuaciones de Maxwell les pareciera una evidencia de la profunda ignorancia de los médicos en el campo de las ciencias "fuertes".

Hacia mediados del siglo XX, gracias al colosal trabajo de Hodgkin y Huxley, se logró dilucidar la naturaleza biofísica del impulso nervioso. Al cabo de unos pocos meses, se logró caracterizar de manera similar el potencial de acción cardiaco, y este estudio condujo, por una parte, a la investigación detallada de las bases sub-celulares, moleculares y sub-moleculares de la excitabilidad, mientras que por otra, se desarrollaron estudios de modelación desde abajo hacia arriba, donde se pretendía explicar la emergencia de funciones nerviosas complejas, partiendo del modelo de Hodgkin y Huxley y siguiendo un riguroso paradigma newtoniano (Hodgkin y Huxley 1952). Aún cuando ambos enfoques han sido productivos, la orientación hacia los mecanismos celulares y moleculares ha resultado, hasta el presente, mucho más fructífera y reconfortante.

Hoy, a la luz del pensamiento complejo, la interpretación del menor éxito del paradigma newtoniano en neurociencias puede ser diferente, pues conocemos que ese enfoque tradicional resulta insuficiente para describir algunos fenómenos del mundo cotidiano. Los médicos, que eran los menos preparados en el campo de la física y la matemática, resolvieron esa dificultad asumiendo perspectivas *ad hoc* que permitían caracterizar los fenómenos observados a partir de conceptos fáciles de visualizar aún cuando no siempre fueran muy rigurosos para la sacrosanta pero no tan útil ciencia pura.

En el análisis de las señales biomédicas se han establecido conceptos que no existían en la física clásica, como son "grafo-elemento", "ritmo", etc. Esos conceptos por muchos años carecieron de una contraparte físico-matemática, aunque sí contaban con una indudable utilidad para el diagnóstico y pronóstico de diferentes enfermedades.

Entre algunos especialistas, por otra parte, existían serias dudas acerca de la utilidad del electroencefalograma. En la década de 1970 alguien llegó a sugerir que un electroencefalograma completamente "normal" puede obtenerse si se colocan electrodos a una pelota de futbol rellena con solución salina. Otros fisiólogos expresaban sus sospechas al afirmar que evaluar el sistema nervioso a partir de un EEG era algo así como juzgar el proceso productivo en una fábrica de embutidos a partir del análisis del humo de su chimenea. El símil parecía lo suficientemente convincente como para distraer a un recién graduado de todo intento a dedicarse al análisis del EEG.

En 1985 el matemático holandés Floris Takens formuló un teorema que, aparentemente, constituyó uno de los grandes jalones en la historia de la ciencia moderna (Takens 1985). Takens demostró que para un sistema dinámico donde un numero ***n*** de variables están relacionadas de modo no lineal, es posible obtener una caracterización bastante completa de ese sistema aun cuando sea imposible observar todas las variables implicadas. Más aún, si se cuenta con una versión discretizada de una sola de esas variables (de hecho cualquiera de esas variables), es posible obtener una versión topológicamente equivalente del retrato de fase, así como evaluar exactamente dos invariantes dinámicas que caracterizan el sistema dinámico, a saber su dimensión de correlación y el espectro de los exponentes de Lyapunov.

Para muchos investigadores involucrados en el estudio de procesos fisiológicos, esa fue la evidencia de que es posible, partiendo del análisis de las series temporales de una señal emitida por un órgano, obtener información más allá de la simple variable que esa señal representa. En el símil de la fábrica de embutidos, es posible que no sea posible por esta vía detectar quién es el administrativo que ha cometido un fraude, pero sí existe la posibilidad de percatarse que algo ha dejado de funcionar adecuadamente en el proceso de fabricación de salamis.

Esta posibilidad atrajo a muchedumbres de entusiastas que muy pronto encontraron evidencias de caos por todas partes, y el caos se puso de moda. A ese fervor inicial le siguió una serie de trabajos demostrando la limitación de los enfoques anteriores, y sugiriendo nuevos métodos, en esta ocasión sesgados hacia la dirección opuesta, por lo que casi ninguna de las evidencias anteriores de caos quedaron en pie. La frase lapidaria de y Vibe y Vesin pudiera resumir ese espíritu "*Heart rate variability is anything except chaos*" (La variabilidad de la frecuencia cardíaca es cualquier cosa menos caos) (Vibe y Vesin 1996). Eso condujo a que el caos se interpretara como algo que ha quedado fuera de moda, y el interés por el tema cediera. Al mismo tiempo, con tanta pasión y tanto esfuerzo creativo desplegado tanto por partidarios como por escépticos, a la altura de 2016 se cuenta con un gran arsenal de herramientas, se han acumulado datos y existe la posibilidad de buscar respuestas a preguntas concretas, las cuales pueden ser tanto interesantes desde el punto de vista teórico como esperanzadoras para mejorar la calidad de vida de millones de pacientes.

En el presente trabajo, se presenta una breve revisión de algunas de nuestras experiencias en la aplicación de la metodología de identificación no lineal al estudio de señales electrofisiológicas.

2. Naturaleza de la actividad epiléptica

Entre los pioneros de la aplicación de los métodos no lineales al estudio de la actividad eléctrica cerebral en epilepsia se encuentran Fernando Lopes de Silva y Peter M. Pijn (Theiler 1994). Esos autores fueron capaces de mostrar que en el cerebro epiléptico se establecen relaciones no lineales entre diferentes áreas. Posteriormente, Lopes da Silva planteó la hipótesis de que la epilepsia es una transición dinámica hacia un estado caótico del cerebro.

Entre los distintos tipos de actividad epiléptica, aparecieron fuertes indicios de que la actividad de tipo punta-onda, generalmente asociada a las crisis de ausencia, se correspondía con una dinámica caótica.

Theiler y Eubank, mostraron, mediante un análisis de datos sustituidos, que la actividad de tipo punta onda no se corresponde con una dinámica caótica (Theiler 1994). A partir de 1992, Hernández Cáceres y colaboradores comenzaron a aplicar un método de identificación no lineal para el estudio del electroencefalograma. Sucintamente, en este enfoque se asume que el EEG es generado por un sistema dinámico no lineal estocástico del tipo:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= f(x(t)) + e(t) \\ V_t &= g(x_t) + n(t) \end{aligned} \quad (1)$$

Donde *x(t)* denota el vector de estado de la actividad de una subpoblación de neuronas como función del tiempo t. Con V_t se representa el valor de potencial eléctrico en el momento t, que constituye una transformación proyectada de x. Este sistema no lineal incluye un importante componente estocástico intrínseco, que constantemente alimenta al sistema, que se representa por *e(t)* y *n(t)*.

Ozaki (1985) logró generalizar el teorema de Takens para el caso del sistema (1), mostrando su correspondencia con el siguiente modelo no lineal auto-regresivo:

$$V_t = F(V_{t-1}, V_{t-2}, \ldots, V_{t-k}) + \varepsilon_t \quad (2)$$

La originalidad de este enfoque consiste en delimitar la presencia de un "esqueleto" o realización libre de ruido (RLR) determinista

$$\left(V_t = F(V_{t-1}, V_{t'2}, \ldots, V_{t'k}) \right)$$

y de un componente estocástico de innovación(ε_t).

La separación del componente determinístico y estocástico de ese sistema es un problema difícil de tratar. En un sistema complejo como lo es el cerebro la naturaleza de la función F es difícil de plantear a priori. Por otra parte, las técnicas generales de aproximación conocidas (aproximación a polinomios, núcleos de Volterra, redes neurales, máquinas de soporte vectorial, etc.) resultan insuficientes para la obtención de los esqueletos de las funciones.

Entre numerosas variantes evaluadas, el mejor candidato resultó ser el estimador por núcleos de Nadaraya Watson, donde el valor estimado de la función en cada punto del espacio de fase se obtiene como una media ponderada de los valores observados (Valdés-Sosa 1997). El peso de cada punto observado ha de depender de la distancia euclídea del punto a evaluar respecto al punto observado.

$$\hat{f}\left(z_{t-1}, z_{t-2}, \ldots, z_{t-m}\right) = \frac{\sum_{i=m+1}^{N} x_i \prod_{j=1}^{m} K\left(\frac{\left|z_{t-j} - x_{i-j}\right|}{h}\right)}{\sum_{i=m+1}^{N} \prod_{j=1}^{m} K\left(\frac{\left|z_{t-j} - x_{i-j}\right|}{h}\right)}$$

La aplicación de ese enfoque a señales de EEG permitió, entre otros, obtener RLR miméticas de la actividad de tipo punta-onda (Hernandez Cáceres y Valdes-Sosa 1996). La Figura 1 muestra un ejemplo de actividad epiléptica de tipo punta onda, aparentemente caótica en el registro original, pero con una RLR estrictamente periódica.

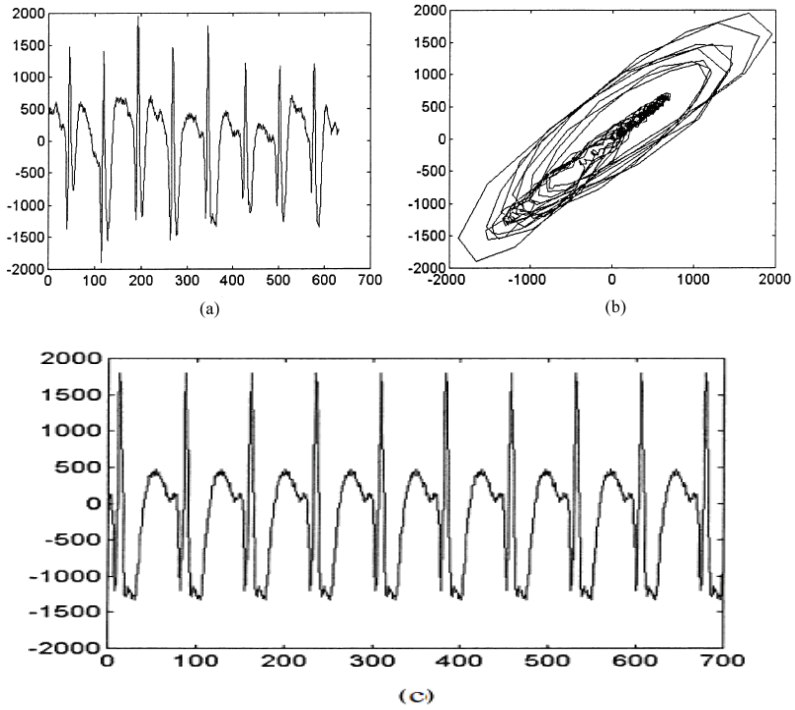


Figura 16.1. Registro original de actividad de EEG de tipo punta onda (a), cuyo retrato de fase sugiere actividad caótica (b), y la realización libre de ruido correspondiente, la cual converge rápidamente hacia un ciclo límite.

Este resultado no apoya la hipótesis de esta actividad como una evidencia de actividad caótica. Al mismo tiempo, parece justo señalar que el hecho que un tipo particular de actividad epiléptica registrada a nivel de todo el cerebro no se manifieste como caótica no es razón suficiente para afirmar que la epilepsia no es un caos. Un número reducido de registros obtenidos tanto de animales experimentales como de pacientes, sugieren que en algunas instancias de actividad epiléptica, algunos registros intracelulares muestran una dinámica aparentemente caótica.

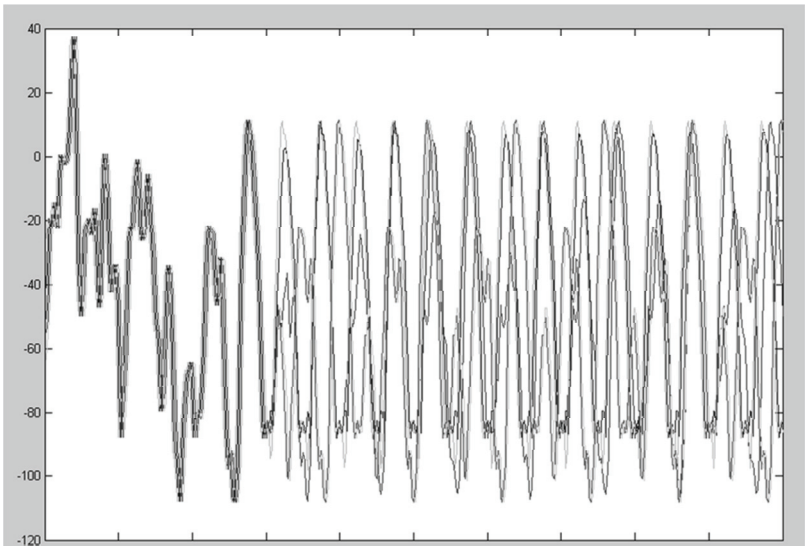


Figura 16.2. Sensibilidad a las condiciones iniciales en la dinámica no lineal estimada a partir de un registro intracraneal durante una crisis de lóbulo temporal.

En la Figura 2 se observa que varias realizaciones libres de ruido superpuestas muestran cómo pequeños cambios al inicio de la trayectoria conducen a gran disparidad a medida que transcurreel tiempo. Esto permitió sugerir presencia de caos en el registro intracraneal.

Hace 18 años Quian Quiroga afirmaba que el problema de la posible naturaleza caótica de la actividad epiléptica era un problema de evaluación de la sensatez del método de análisis (Quiroga 1998). Nuestros resultados sugieren que la técnica de identificación no lineal es lo suficientemente fina como para detectar atractores de tipo ciclo límite o actividad caótica. El problema parece, por otra parte, no estar en la metodología de análisis, sino en el tipo de registro electrofisiológico, y en el tipo particular de actividad epiléptica que se registre.

3. Identificación de componentes fractales en señales fotopletismográficas

La señal fotopletismográfica registra de manera continua la variación en el volumen de sangre presente en un sitio del cuerpo (por ejemplo la yema del dedo). Por el hecho de que los vasos poseen propiedades elásticas, y el corazón emite ondas de

presión durante el ciclo cardíaco, el volumen de sangre ha de variar durante un ciclo cardiaco.

Las complejas propiedades visco-elásticas del flujo sanguíneo, la complejidad geométrica de la red de vasos, y capilares, la regulación autonómica del corazón y los diferentes vasos, además de la regulación intrínseca del ritmo cardíaco, apareen entre los factores que pueden ilustrar la naturaleza compleja de esta señal. En la práctica, sin embargo, parece ser que es muy poca la información que se utiliza para fines tanto diagnósticos como investigativos.

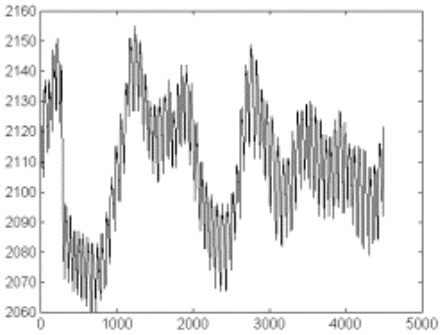
El enfoque basado en la identificación no lineal puede ofrecernos posibilidades muy particulares para la evaluación de esta señal. Hace quince años Hernández Cáceres y colaboradores se plantearon la siguiente pregunta: ¿Cuál es el tipo de dinámica que sigue la señal fotopletismográfica? Inspirados en el paradigma de los resultados obtenidos con el estudio de la actividad de tipo punta-onda, se intentó separar el componente determinístico del estocástico y caracterizarlos separadamente. Resultó posible separar ambos componentes, obteniendo los resultados que se exponen a continuación.

4. Componente determinístico

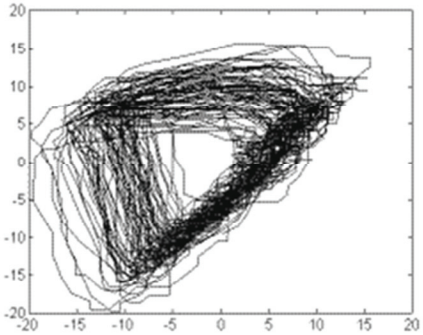
Tras haber analizado más de 600 segmentos de señal fotopletismográfica, se obtuvo que en más del 98% de los casos, las realizaciones libres de ruido se correspondían con un orden óptimo del modelo auto-regresivo igual a 2, lo que sugiere la presencia de atractores de muy baja dimensión. En la mayoría de los casos (72.8%) los atractores eran de tipo ciclo límite, reflejando posiblemente la naturaleza periódica del ciclo cardiaco debidamente acoplado con el sistema vascular. En el 14.4% de los casos las RLR eran caóticas, mientras que en el 12.8% de los casos se trataba de atractores puntuales o casi-puntuales.

El hecho de que una parte importante de los atractores se correspondan con amplitudes mucho menores que las típicas de la onda fotopletismográfica sugiere que el sistema dinámico al que obedece ese sistema debe alimentarse por influencias estocásticas. Ese ruido de innovación sería necesario para mantener al sistema en un régimen de oscilaciones cuasi-periódicas de manera semejante a la forma en que un costal de golpeo para entrenamiento de boxeadores espontáneamente tiende al punto de equilibrio, pero se mantiene oscilando ante los golpes aleatorios que le propina el atleta.

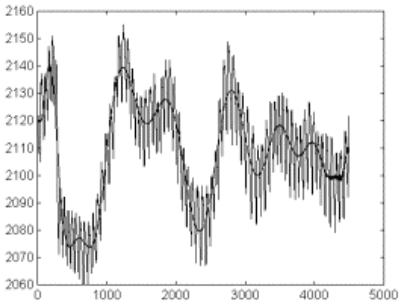
Al menos desde esa perspectiva parece pertinente la interrogante acerca de la naturaleza del componente estocástico de la señal fotopletismográfica. En 2001 Hernández Cáceres y colaboradores (2001) aplicaron la metodología de identificación no lineal a señales fotopletismográficas y encontraron que el componente no pulsátil se corresponde con un movimiento fractal.



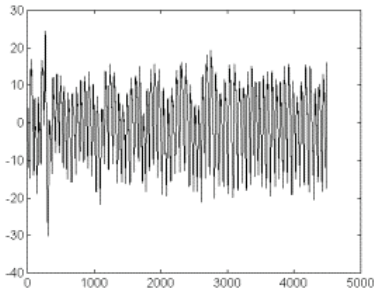
(A)Señal original



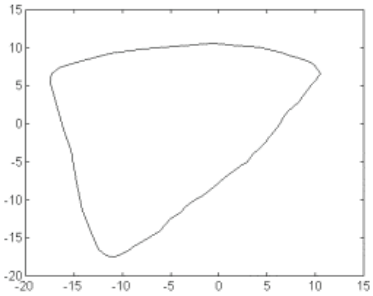
(B) Retrato de fase de la señal que sugiere presencia de caos.



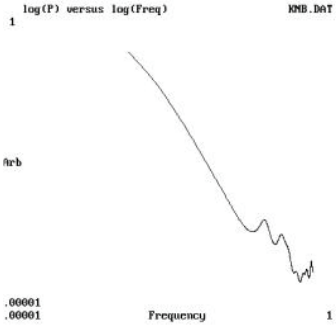
(C) Aproximación de la señal con un polinomio de orden 36.



(D) Rresiduo tras la resta del polinomio estimado, quedándose fundamentalmente el componente pulsátil de la señal fotopletismográfica.



(E) Retrato de fase de la Realización libre de ruido obtenida tras aplicar el método de estimación no lineal a la señal en (D) se conserva la presencia de un atractor de tipo ciclo límite.



(F) Trazado doblemente logarítmico del espectro del residuo de la identificación no lineal sumado al polinomio estimado en (C), donde se pone de manifiesto la naturaleza fractal del componente no pulsátil de la señal.

Figura 16.3. Extracción del componente estocástico de una señal fotopletismográfica.

El efecto de procesar matemáticamente una señal puede conducir a resultados que no se avienen a la realidad. Es a ese tipo de resultados a lo que en ciencia se ha

dado en llamar “artefactos”. Un ejemplo de eso lo fueron las numerosas evidencias de la naturaleza caótica del EEG que posteriormente fueran refutadas. Aún cuando el siguiente resultado no confirma la naturaleza fractal de la señal fotopletismográfica, parece brindar fuertes evidencias a favor.

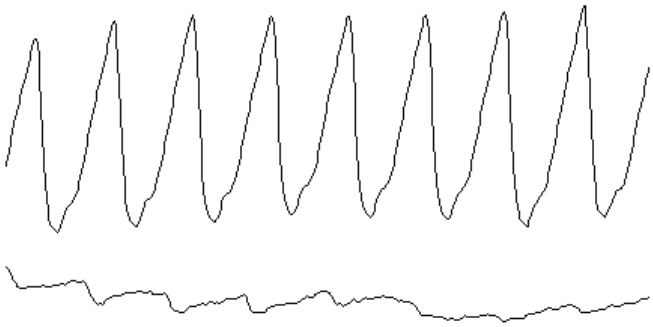


Figura 16.4. Señal fotopletismográfica tomada en condiciones normales (trazo superior) y ante una presión impuesta de 130 mmHg. Nótese la casi completa abolición de la señal. Abscisas: Tiempo en centésimas de milisegundos; Ordenadas: amplitud en unidades arbitrarias.

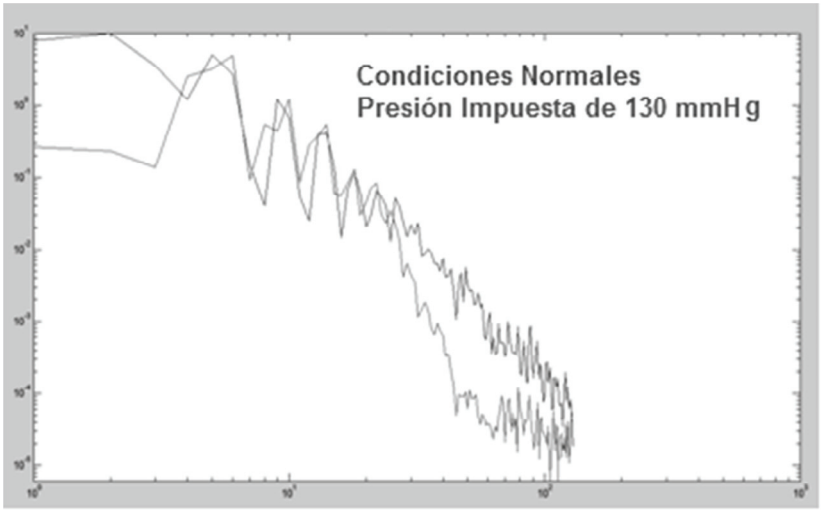


Figura 16.5. Los espectros doblemente logarítmicos correspondientes a la Figura 16.4 re-escalados a para una misma amplitud. Nótese que la señal registrada a 130 mmHg adquiere una apariencia más lineal, como se espera de un proceso fractal.

Como se observa en la figura, la señal registrada a 130 mmHg, donde prácticamente desaparece el componente pulsátil, posee un espectro que se ajusta muy bien a una curva doble logarítmica. En ese sentido, el “ruido” extraído matemáticamente y el “ruido” registrado fisiológicamente presentan ambos propiedades fractales.

Cabañas (2001) había reportado que la dimensión fractal del componente estocástico de la señal fotopletismográfica cambia con la gestación. Esto sugiere que la naturaleza fractal del componente estocástico no solamente refleja el ruido de innovación del sistema, sino que también puede cambiar con el estado del individuo, por lo cual pudiera ser de utilidad diagnóstica.

5. Características fractales de la variabilidad de la frecuencia cardíaca

Que el ritmo cardiaco no se comporte como un cronómetro exacto no parece ser algo sorprendente, a la luz de que el organismo humano no es una maquinaria "perfecta". Lo que sí resultó paradójico para muchos fisiólogos de inicios de la década de los 1980 fue comprobar que las personas con un intervalo cardiaco más regular son más propensas a morir. La frase de Goldberger de que "un corazón enfermo camina, mientras que un corazón sano danza", marcó una nueva manera de explorar el funcionamiento cardiaco. A la luz del triunfo del teorema de Takens, los primeros trabajos sobre la naturaleza de la variabilidad de la frecuencia cardiaca sugerían que se trataba de un ejemplo de proceso caótico. Hacia 1996 nuestro grupo comenzó a explorar la variabilidad de la frecuencia cardiaca. En aquel momento un grupo de investigadores afirmaba que se trataba de un proceso caótico, mientras que otros sostenían que se trataba de un proceso fractal. Nuestros primeros resultados con la aplicación de la metodología de identificación no lineal resultaron tan ambiguos que el mismo cuerpo de resultados fueron inicialmente utilizados para sugerir que la VFC era un proceso "intermitente" (lo cual fue descartado antes de enviarlo a publicar) y posteriormente para plantear que la VFC era "un proceso no lineal con múltiples atractores" (Hernández Caceres *et al.* 1999).

Yamamoto (1991), mientras tanto, insistía en que la señal de VFC contiene más de un componente, donde alrededor del 80% de la varianza se corresponde con un proceso fractal. De manera completamente casual, nuestro grupo encontró un índice que era capaz de detectar aquellas personas propensas a crisis de hipotensión durante sesiones de hemodiálisis.

El índice se basa en la aplicación de la metodología de identificación no lineal a varios segmentos de un registro de VFC de varias horas de duración. Para cada segmento se obtiene el orden óptimo del modelo auto-regresivo, y el índice ARDI (Auto-Regressive Dimensional Index) se evalúa como la proporción de segmentos con orden igual o mayor a 17. Posteriormente se encontró que ARDI se correlaciona negativamente con la dimensión fractal de un proceso fractal. De esa manera, la aplicación de la metodología de identificación no lineal apoyó la hipótesis de que la variabilidad de la frecuencia cardiaca se corresponde con un proceso fractal.

Nuestro enfoque fue capaz de encontrar una explicación al paradójico incremento en el riesgo de mortalidad ejercido por la administración de Encainida a pacientes post infartados, pues el tratamiento con este antiarrítmico induce un aumento en el índice ARDI y, consecuentemente, una reducción en la complejidad en la

regulación del ritmo cardiaco (Hernández Cáceres *et al.* 2005). En esta dirección apuntan los resultados recientes de Tejera que aparentemente sugieren valores elevados de complejidad en pacientes enfermos.

Por otra parte, los resultados obtenidos por Enzmann (1998) en colaboración con nuestro grupo antes de la constatación de que el índice ARDI estaba asociado a la complejidad cardiovascular, sugieren que los pacientes de hemodiálisis propensos a crisis de hipotensión presentan una complejidad cardiovascular más elevada.

Dilucidar si el incremento en la complejidad por encima de los valores normales es una compensación para mantener funcionando un organismo enfermo o es un índice de deterioro es una interrogante que ha emergido de estos resultados y a la cual parece necesario buscar encontrar respuesta.

6. Discusión general

En los últimos veiente años nuestro grupo se ha dedicado a la identificación no lineal de señales emitidas por el sistema cardiovascular y el sistema nervioso. Los resultados obtenidos han emergido tanto del debate y de la discusión teórica, como de investigaciones empíricas que brindaron respuestas parciales a nuestros interrogantes.

Ha resultado intelectualmente estimulante encontrar que, a diferencia de otros métodos, la identificación no lineal ha sido capaz de encontrar evidencias tanto para el carácter de ciclo límite para las crisis de ausencia como para la caoticidad de otros tipos de epilepsia. Por otra parte, la naturaleza fractal del componente estocástico de la señal fotopletismográfica, que había sido sugerida en base al tratamiento matemático de la señal, ha encontrado apoyo en registros directos donde el componente pulsátil ha sido abolido por la imposición de una presión externa al miembro que se registra.

El método de identificación no lineal asimismo ha permitido evaluar la complejidad de la VFC y obtener resultados que brindan explicación plausible a algunos resultados que hasta el presente no contaban con tales explicaciones a la vez que abren interrogantes muy interesantes acerca de cómo cambia la complejidad del sistema de regulación cardiovascular y cuál es la posible manera de regularlo.

Por cuanto se trata de un enfoque capaz de brindar respuestas plausibles y de sugerir interrogantes interesantes, sugerimos que esta metodología puede ser aplicada para investigaciones fisiológicas a más amplia escala.

Bibliografía

Cabañas K., Falcon J., Hong R, Hernandez Caceres JL, Sanchez A. 2000. "Evidencias acerca de la variacion del componente fractal de la senhal fotopletismografica bajo diferentes condiciones fisiológicas". En *Informatica 2000*, ISBN 959-7160-3, La Habana.

Enzmann G, Hernández Caceres J. L. 1998. "La misura de la complexita de la variabilita de la Frequenzia Cardiaca come stima de la efficienza della regulazione autonomica in corso de emodialisi". En *Giornale Italiano di Nefrologia, vol 15, p. 65.*

Hernandez Caceres, J. L., Valdes-Sosa PA, Vila P. 1996. "EEG spike and wave modeled by a stochastic limit cycle", *NeuroReport* 7, 2246-2250.

Hernández Caceres, J. L., Garcia L., Enzmann G., García A. 1999. "La regulación autonómica del intervalo cardíaco modelada como un sistema no lineal estocástico con múltiples atractores". *Revista CENIC. Ciencias Biológicas. Vol 30, No 3.*

Hernandez Caceres J. L., Hong R., Garcia Lanz A., Garcia Dominguez L., Cabannas K. 2001. "The Photoplethismographic Signal Processed with Nonlinear Time Series Analysis Tools". *Revista Cubana de Informática Médica*, *1*(1)

Hernández Cáceres, J. L., Tejera, E., Crespo, K. V., Castellanos, M. S., Ortiz, C. M., y Domínguez, L. G. 2005. "Encainide reduces heart rate variability fractal dimension among arrhythmic patients who suffered acute myocardial infarct". *Electron. J. Biomed*, *2*.

Hodgkin, A.L. y Huxley A. F. 1952." A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve". *The Journal of physiology*, *117*(4), 500-544

Osaki, T. 1985. *Non Linear Time Series Models and Dynamical Systems. Handbook of Statistics*, Vol. 5, (Eds: EJ Hannan, PR Krishnaiah and MM Rao), North-Holland, Amsterdam.

Takens, F. 1985. On the numerical determination of the dimension of an attractor. En *Dynamical systems and bifurcations*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 99-106.

Theiler J. (1994). On the evidence for low-dimensional chaos in an epileptic electroencephalogram. *Physics Letters A*, *196*(1-2), 335-341.

Quiroga, RQ (1998). Quantitative analysis of EEG signals: time-frequency methods and chaos theory. *Institute of Physiology-Medical University Lubeck and Institute of Signal Processing-Medical University Lubeck*.

Valdés-Sosa PA, Bosch J, Jiménez JC, Trujillo-Barreto NJ, Biscay-Lirio RJ, Morales F, Hernández-Caceres JL, Ozaki, T. 1999. "The statistical identification of nonlinear brain dynamics: A progress report". *Nova Science ldots*.

Vibe, K., Vesin, J. M. 1996. "On chaos detection methods". *International Journal of Bifurcation and Chaos*, *6*(03), 529-543

Yamamoto Y y Hughson, R. L. 1991. "Coarse-graining spectral analysis: new method for studying heart rate variability". *Journal of Applied Physiology*, *71*(3), 1143-1150.

APARTADO I

Resúmenes de capítulos

Capítulo I **Hacia un paradigma de complejidad integral. La necesidad de integrar el pensamiento complejo y la ciencia de sistemas complejos**

Álvaro Malaina

Es conocida la distinción que estableció Edgar Morin entre la "complejidad general" (el pensamiento complejo) y la "complejidad restringida" (la ciencia de sistemas complejos). Esta distinción constituye el *leit motiv* de este artículo, en el que a diferencia de la separación actual se promueve una integración de ambas complejidades como condición necesaria para la constitución de un "paradigma de complejidad" integral, que incorpore tanto una "visión del mundo" (el pensamiento complejo) como "modelos de realizaciones científicas" (la ciencia de sistemas complejos), las dos vertientes de la definición de paradigma según Kuhn. Esta integración como cabe preveer no está exenta de importantes problemáticas y de necesarias críticas a ambas partes, que serán igualmente expuestas a lo largo del texto.

Palabras clave: complejidad general, complejidad restringida, pensamiento complejo, ciencia de sistemas complejos, paradigma

Capítulo II **El conocimiento complejo. Método-estrategia y principios**

Enrique Luengo González

Una visión compleja de la realidad invita a privilegiar ciertas estrategias cognitivas para facilitar un conocimiento de conjunto o compartido sobre ciertos núcleos o campos problemáticos del mundo fenoménico. Pretender concebir la complejidad de lo real implica un modo de abordaje distinto al método científico convencional, el cual es empleado por múltiples disciplinas científicas en sus procesos de investigación.
El asumir y reconocer la realidad como realidad compleja conlleva el desafío de plantear una serie de estrategias metodológicas y principios generativos que posibiliten el conocimiento de la complejidad. Si bien Edgar Morin señala algunos principios básicos, es posible derivar otros principios relacionados con ellos y que aparecen en sus propios escritos. He aquí un intento sobre esto último.

Palabras clave: complejidad, conocimiento, método científico, realidad, paradigma

Capítulo III **Pensar la complejidad con ayuda de las lógicas no-clásicas**

Carlos Eduardo Maldonado

En el corpus normal del trabajo en ciencias de la complejidad y en la investigación sobre complejidad no hay un espacio para las lógicas no-clásicas. La bibliografía en general en complejidad, tanto como la especializada en lógicas no-clásicas, no hace ninguna referencia en el otro sentido. Pues bien, con este texto me propongo llenar este vacío. El carácter exploratorio de este texto se limitará, por razones específicamente de espacio, a mostrar diversas puertas comunicantes entre complejidad y lógicas no-clásicas, quedando pendiente, para otro momento y espacio, el trabajo -bastante más especializado- relativo a las relaciones internas entre las lógicas no-clásicas.

Palabras clave: lógicas no-clásicas, pluralismo lógico, ciencias de la complejidad, racionalidad, mundo

Capítulo IV **Redes sociales: la prioridad hermenéutica de la pregunta y la prisión del lenguaje**

Carlos Reynoso

Tras inspeccionar las posibilidades científicas y los constreñimientos metodológicos propios de los estilos más ortodoxos de análisis de redes sociales, este ensayo propone reflexionar sobre el impacto de la descripción discursiva del problema en el modelado reticular complejo, proponiendo una metodología de abstracción alternativa que aspira a constituir un ejercicio genuino de transdisciplinariedad.

Palabras clave: redes sociales, complejidad, antropología, modelado matemático, teoría de grafos

Capítulo V **Complejidad de los paradigmas y problemas complejos. Un modelo epistemológico para el estudio empírico de los sistemas de pensamiento**

Leonardo G. Rodríguez Zoya

Este trabajo recupera uno de los aspectos más relevantes de la obra de Edgar Morin: la problematización del paradigma y la organización de los sistemas de pensamiento. Asimismo, elabora una estrategia para superar una de las más fuertes limitaciones de su obra: la carencia de una metodología empírica para desarrollar el pensamiento complejo en el plano de la investigación científica. La estrategia argumental está organizada en tres momentos. Primero se problematiza la complejidad de los sistemas de pensamiento. Segundo se elabora el concepto de problemas complejos. Tercero se propone un modelo epistemológico para la investigación empírica de los paradigmas.

Palabras clave: pensamiento complejo, problemas complejos, paradigma, sistemas de creencias científicas

Capítulo VI El Reduccionismo ontológico biologicista: consecuencias para una sociedad compleja

Gloria Silvana Elías y Leonardo Gustavo Carabajal

El escrito muestra cómo cierto sector del determinismo neurogenético argumenta a favor de un reduccionismo ontológico que a su vez enmascara un reduccionismo ideológico, justificador de ciertas condiciones sociales. En efecto, dicho determinismo en su versión extrema intenta legitimar el status elitista de ciertos grupos de poder, los que justificarían el ejercicio de su autoridad y dominio sobre los "naturalmente" menos favorecidos por la selección natural desde la posición del determinismo genético.
Una de las conclusiones fundamentales a la que se arriba es que reducir la conducta humana a sus genes opaca una capacidad profundamente humana: la de la libertad y la consecuente responsabilidad intersubjetiva.

Palabras clave: reduccionismo, determinismo, ideología, sociedad compleja, libertad

Capítulo VII De la biología compleja a la justicia social en Latinoamérica. Diálogo interdisciplinario para los nuevos retos

Lorena Caballero y Gabriela Coronado

Las ciencias de la complejidad ofrecen nuevas herramientas para enfrentar los retos de la sociedad contemporánea. Sin embargo, aún en ellas persisten ideologías y lenguajes disciplinarios excluyentes que dificultan la colaboración entre las ciencias y las humanidades, obstaculizando el avance en la comprensión de fenómenos complejos. Como alternativa proponemos un modelo conceptual complejo bio-socio-cultural resultado del diálogo entre las autoras, bióloga y antropóloga. Este modelo aplicado a problemáticas de justicia social en Latinoamérica (racismo, discriminación, violencia social) permite mostrar el valor del diálogo interdisciplinario y su potencialidad en la transformación paradigmática hacia las ciencias biológicas y sociales complejas.

Palabras clave: interdisciplina, metáfora, epigenética, co-evolución social, racismo

Capítulo VIII Modelado y simulación de situaciones sociales complejas en Latinoamérica. Contribuyendo al cuidado del Bien Público

Oswaldo Terán y Magdiel Ablan

El trabajo elabora una reflexión crítica sobre la ciencia y, en particular, sobre el enfoque de los sistemas complejos, atendiendo especialmente, a las estrategias de modelado y simulación social. Se recupera un pensamiento filosófico crítico sobre las sociedades occidentales y la occidentalización de la sociedad latinoamericana. En el plano propositivo, se elabora una concepción de complejidad vinculada con la cultura como contexto humano y bien público fundamental. Asimismo, se esboza una manera diferente de hacer y aplicar ciencia en Latinoamérica, culturalmente liberada y

liberadora, implementada a través de una plataforma de conocimientos, y orientada al cultivo de prácticas sociales cuidadoras del Bien Público.

Palabras clave: cultura y bien público, rilosofía, sistemas complejos, ciencia latinoamericana crítica, modelado y simulación social

Capítulo IX **Hacia un enfoque complejo de la desigualdad social. Reintegrando disciplinas y dimensiones de análisis para pensar nuestra realidad**

Bárbara Altschuler

La desigualdad social constituye un problema crucial de las sociedades latinoamericanas y un problema teórico debatido ampliamente por las ciencias sociales. A pesar de los avances en la conceptualización de la desigualdad como un fenómeno complejo, su abordaje desde este enfoque no ha sido resuelto satisfactoriamente. Las dificultades, vinculadas con la especialización desarticulada en que se desarrollaron las disciplinas sociales, se manifiestan a su vez en tensiones y dualismos que las atraviesan. Planteamos aquí algunos conceptos clave que permitirían avanzar en la articulación entre disciplinas, e indagamos en los aportes y desafíos que representa el paradigma complejo para pensar esta realidad.

Palabras clave: desigualdad social, ciencias sociales, complejidad, articulación interdisciplinaria, figuración social

Capítulo X **Dioses fractales. Cultura de la complejidad**

Gabriel Weisz

Es un estudio que enfoca su recorrido en las indagaciones sobre el tema de la cosmogonía en el México prehispánico. Como instrumento para nuestra lectura sobre este conjunto de fenómenos culturales nos apoyamos en las nociones sobre la complejidad, teoría del caos y la fractalidad. Consideramos que la cosmogonía conjuga una complicada red de interacciones simbólicas en la colectividad, en su entorno ecológico y en su entorno cultural. Procuramos trazar el campo de un 'imaginario' concebido como 'imaginario teórico', es decir, como un dispositivo conceptual para dialogar con un complejo mágico y mítico de un horizonte cultural que ha desaparecido.

Palabras clave: complejidad, caos, fractales, cosmología, cultura

Capítulo XI **El paradigma de simplicidad y la evidencia científica en medicina**

Jorge Daniel García Salman

La falta de correspondencia actual entre la dispensación de recursos y los índices de salud conmueve las bases predictivas de la evidencia científica que ha justificado la correspondiente toma de decisiones. Las limitaciones del paradigma en que se sustenta la medicina basada en la evidencia, manifestadas por sesgos identificados en los ensayos clínicos controlados,

sugieren que las decisiones sustentadas en ella no sean necesariamente las mejores. Se discuten las razones que explican dichas limitaciones y se proponen algunas alternativas.

Palabras clave: medicina basada en la evidencia, ensayos clínicos controlados, complejidad, paradigma, sesgos

Capítulo XII Impacto del Software Libre en una organización desde el enfoque de la complejidad

José Julián Reina Materón

Se plantea la necesidad de conocer las condiciones complejas que inciden en la capacidad para aprovechar el Software Libre en América Latina a partir del estudio de casos investigando los efectos en la auto-eco-organización de las empresas, tema que empieza a desarrollar el autor con la observación de una organización en Colombia: la Universidad Santiago de Cali, como parte de su tesis de maestría en Administración de Empresas.

Palabras clave: software libre, complejidad, auto-eco-organización, administración, aprendizaje

Capítulo XIII Consideraciones complejas de la música tonal. Aportes del paradigma de la complejidad de Edgar Morin

Rosa Iniesta Masmano

Desde las últimas décadas del siglo XX, el paradigma de la complejidad se ha configurado como un enfoque epistemológico en el ámbito de la creación musical contemporánea. Aquí, articulamos las nociones propuestas por el teórico del Sistema Tonal, Heinrich Schenker (1868-1935), a través de la óptica que proporciona el pensamiento complejo de Edgar Morin. Presentamos una serie de consideraciones que giran en torno a la organización del Sistema Tonal. En primer lugar, abordamos el material músico-tonal y contrastamos la teoría tradicional y los postulados schenkerianos, para pasar a observar las interrelaciones en bucle entre el espacio y el tiempo músico-tonales.

Palabras clave: Morin, Schenker, complejidad, sistema tonal, espacio, tiempo

Capítulo XIV El estudio de las enfermedades como sistemas somplejos. Estudio clínico observacional

Ricardo Glancszpigel

Un estudio clínico observacional consiste en registrar y estudiar la evolución de una enfermedad en centros médico-asistenciales, tratada acorde a la práctica médica habitual. A partir de considerar la enfermedad como un sistema somplejo con diferentes niveles, la propuesta tiene por objetivo estudiar el impacto de cada uno de ellos sobre la enfermedad del paciente. Para este fin, se emplea un modelo de regresión logística de Cox. Asimismo, se muestran las diferencias entre el trabajo interdisciplinario y el

trabajo multidisciplinario. Resolviendo el modelo para cada nivel podrán adoptarse medidas para disminuir el riesgo de la enfermedad, analizando cuales variables son comunes a todas ellas.

Palabras clave: regresión logística, sistema complejo, estudio clínico observacional, interdisciplina, desenlace

Capítulo XV Entropía proporcional aplicada a la evolución de la dinámica cardíaca. Predicciones de aplicación clínica

Javier Rodríguez, Signed Prieto, Pedro Bernal, Daniel Izasa, Gabriel Salazar, Catalina Correa, Yolanda Soracipa

Se registraron frecuencias cardíacas y latidos totales cada hora en 4 pacientes normales y 4 pacientes de la unidad de cuidados coronarios, se realizó una simulación computacional para construir atractores caóticos y se evaluó la probabilidad, la entropía no equiprobable, y las proporciones de la entropía para la ocupación espacial de cada atractor, realizando comparaciones entre la evolución clínica y la evolución cuantificada a través de la metodología físico-matemática respecto a los valores de los pacientes normales. Se aplicó esta misma metodología para realizar simulaciones teóricas de evolución de una dinámica cardíaca desde normalidad a enfermedad crónica.

Palabras clave: entropía, probabilidad, diagnóstico, holter, dinámica cardíaca

Capítulo XVI Utilidad del enfoque de identificación no lineal para el estudio de señales electrofisiológicas complejas

José Luis Hernández Cáceres, Luis García Domínguez, Miguel Sautié Castellanos, Eligio Kindelán Cira, Javier Jas, Ángel Calzadilla

El trabajo desarrolla un enfoque de identificación no lineal para el estudio de actividad eléctrica cerebral epileptiforme, señales fotopletismográficas así como variabilidad de la frecuencia cardíaca. En particular, se muestra que el método es capaz de detectar tanto atractores de tipo ciclo límite como caóticos en registros de actividad eléctrica cerebral. Por otra parte, la presencia de un componente fractal en la señal fotopletismográfica, previsto teóricamente usando este método, encuentra confirmación experimental. Finalmente se muestra que a partir de un enfoque de identificación no lineal es posible estimar el grado de complejidad de una señal de variabilidad de frecuencia cardíaca. Se sugiere que, al tratarse de un enfoque capaz de brindar respuestas plausibles y de sugerir interrogantes interesantes, la identificación no lineal puede ser aplicada para investigaciones fisiológicas a más amplia escala.

Palabras clave: dinámica no lineal, señales electrofisiológicas, atractores, fractales

APARTADO II

Índice de autores

Ablan, Magdiel

Ingeniero de Sistemas, Universidad de loa Andes, Mérida, Venezuela (1991), Ph.D Environmental Sciences, University of North Texas (1997). Profesora en el Centro de Simulación y Modelos (CESIMO) de la Universidad de los Andes desde 1997. Su principal área de interés es la simulación de modelos de sistemas ecológicos y ambientales. Sus últimas investigaciones están relacionadas con la modelización de ciclos biogeoquímicos, cambio de uso de la tierra en sistemas forestales, riesgo de incendios y modelos de interacción de sistemas humano-ambientales. Ha conducido más de 20 tesis de pregrado y postgrado e imparte clases en el postgrado de Modelado y Simulación de Sistemas y colabora con la docencia de la carrera de ingeniería de sistemas.

Altschuler, Bárbara

Licenciada en Sociología (Universidad Nacional de Cuyo). Master en Desarrollo Económico de América Latina (Universidad Internacional de Andalucía). Doctorando en Ciencias Sociales (IDES- UNGS). Becaria Doctoral de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT- CONICET). Proyecto de Investigación IDAES- UNSAM: "Legitimación de las desigualdades en la Argentina actual" Director Dr. Alejandro Grimson. Docente e investigadora de la FLACSO, Argentina y de la Universidad Nacional de Quilmes en donde se desempeña como Directora de la Especialización en Gestión de la Economía Social y Solidaria. Especializada en economía social, desarrollo territorial y desigualdad social. Autora de diversos artículos sobre estas temáticas.

Caballero, Lorena

Bióloga mexicana egresada de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Doctora en Ciencias Biológicas por la misma universidad con el proyecto "Mecanismos Morfogenéticos de los Patrones de Color en Vertebrados" en el Departamento de Sistemas Complejos en el Instituto de Física UNAM. Actualmente es Investigadora posdoctoral en el Centro de Ciencias de la Complejidad C3, UNAM. Sus principales intereses de investigación incluyen: biología teórica, sistemas complejos, biología evolutiva y del desarrollo, genética, gepigenética, biología de sistemas, enfermedades complejas y estudios interdisciplinarios. Entre sus

publicaciones se incluyen, *La búsqueda del comienzo: El pensamiento complejo en biología*; *Emergencia de las formas vivas: aspectos dinámicos de la biología evolutiva*. Es coautora en los siguientes artículos, "Biology, Semiotics, Complexity: An experiment ininterdisciplinarity"; "Evolution and Complexity; An epigenetic model for pigment patterning based on mechanical and cellular interactions","Emergencia de formas biológicas en la complejidad biocultural: Epigenética y Obesidad"; "Ecology of Simple Interactions: Patterns and Conway's Game of Life"; "Mechanical forces as information: an integrated approach to plant and animal development"; y "Conway's 'Game of Life'and the Epigenetic principle".

Calzadilla, Ángel

Licenciado en Fisica (Universidad de la Habana, 2008), Profesior de Biofísica en la Universidad Médica de La Habana. Está preparando su tesis de Maestría.

Carabajal, Leonardo Gustavo

Licenciado en Filosofía en el año 2000 y Profesor de Filosofía en el año 2003 por la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) de Argentina. Cursando actualmente el Doctorado en Humanidades, en UNT. Participa en proyectos de investigación de la SECTER- UNJu. Actualmente es docente de Pensamiento científico y Lógica, en la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Jujuy.

Coronado, Gabriela

Antropóloga mexicana egresada de la Escuela Nacional de Antropología e Historia, con doctorado de la Universidad de Western Sydney, Australia. Actualmente investigadora adjunta en el Instituto para la Cultura y Sociedad (*Institute for Culture and Society*) de la Universidad de Western Sydney. Sus intereses de investigación incluyen el estudio del diálogo intercultural y la complejidad de las relaciones entre cultura, sociedad y política. En sus investigaciones emplea una perspectiva interdisciplinaria, que incluye etnografía, semiótica, análisis del discurso y estudios de complejidad. Entre sus más recientes publicaciones se incluyen "Emergencia de formas biológicas en la complejidad biocultural: Epigenética y Obesidad", *Mexico and its Others. A Chaos Theory Approach* (con Hodge). *Paradojas e incertidumbre* y *Chaos theory and the Larrikin Principle. Working with organisations in a Neo-Liberal world* (con Hodge, Duarte y Teal).

Domínguez, Luis García

Licenciado en Biología (Universidad de la Habana, 1997), Máster en Informática Médica (CECAM-2000), Máster en Neurociencias (Universidad de Toronto, 2006), Doctor en Ciencias Biológicas (Universidad de La Habana, 2009). Se especializa en el análisis de datos cardiovasculares y electrofisiológicos, ha actuado como editor de un número especial de la revista "Biological Physics".

Elías, Gloria Silvana

Licenciada y Profesora en Filosofía por la Universidad Nacional de Tucumán. Adjunta de Antropología Filosófica en la Universidad Nacional de Jujuy. Becaria de CONICET con el plan de tesis doctoral sobre Duns Escoto. Miembro del proyecto de investigación "Superación de la dicotomía libertad-normatividad a la doble luz de la conciencia como "*lex particularis*" y como "*lex communis*", del Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán. Ha participado en diversos congresos y publicado diversos artículos sobre autores y problemas de filosofía medieval y antropología filosófica, y otros referidos a problemáticas sobre filosofía latinoamericana.

García Salman, Jorge Daniel

Licenciado en Bioquímica, Universidad de La Habana, 1983. Doctor en Ciencias de la Salud, 2002. Investigador Auxiliar, 2004. Profesor Titular, 2006. Sociedades Científicas: Sociedad de Neurociencias de Cuba, Sociedad Cubana de Ciencias Morfológicas, Sociedad Cubana de Medicina Bioenergética y Naturalista, Cátedra de Complejidad y Salud, Escuela Nacional de Salud Pública, perteneciente a la Cátedra de Complejidad de La Habana. Editor principal de www.sld.cu/sitios/mednat perteneciente al Centro Nacional de Información de Ciencias Médicas. Profesor de Morfofisiología I y IV, Facultad Finlay-Albarrán, Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Títulos publicados: *Si usted quiere adelgazar...* (2006) Editorial Oriente, *Cómo entender el metabolismo*, (2008) Editorial Científico-Técnica. Diversos artículos científicos publicados en revistas cubanas y extranjeras.

Glancszpigel, Ricardo

1969.- Biólogo, Universidad de Buenos Aires (Biofísica y Biometría).
1973.- Training con el Dr. John Fertig, chairman de Biometría, Columbia University.
1971.-Accesit de Honor Real Academia Española de Farmacia.
1974.- Prof. Tit. de Bioestadística, Universidad de Sta María, Rio Grande do Sud, Brazil.
1975-1976.- Prof. Asociado en Bioest., Fac. Veterinaria, Universidad de Buenos Aires.
1995.- Premio al mejor trabajo de Oncología, Escuela Europea de oncología.
2005.- Terminación Carrera Corta (2 años) en Historia del Arte en el Museo de bellas Artes.
2008.- Terminación Maestría en Epistemología, Universidad de 3 de Febrero, Buenos Aires.
Dictado de cursos, conferencias y seminarios y más de 60 publicaciones (1/3 en el exterior).
Actualmente, Doctorado sobre "Pensamiento Apriorístico en los Ensayos Clínicos".

Hernández Cáceres, José Luis

Máster en Ciencias Fisicomatemáticas (Universidad Lomonosov de Moscú, 1979). Doctor en Ciencias Biológicas (Centro de Neurociencias de Cuba, 1996), Investigador Titular (1997), Profesor Titular de informática Médica (2004), Miembro asociado del ICTP de Trieste (1995-2006), Autor o coautor de más de 70 publicaciones en Cuba y el extranjero, responsable del proyecto "Impulso a la Bioinformática en el sector salud". Profesor de bioestadística en la universidad de Gambia. Sus intereses académicos se

enmarcan en la utilización de modelos matemáticos a la resolución de problemas biomédicos.

Iniesta Masmano, Rosa

Doctora por la Universidad de Valencia (España). Titulada Superior en Pedagogía Musical y en Solfeo, Teoría de la Música, Improvisación y Acompañamiento. Profesora de: Armonía y Análisis (Conservatorio Superior de Música de Zaragoza), Improvisación y Acompañamiento y Análisis Schenkeriano (Conservatorio Superior de Música de Valencia), Piano (Conservatorio Profesional de Música, Buñol (Valencia); Directora del centro (1997-1999). En la actualidad: Co-directora de ITAMAR. Revista de Investigación Musical: Territorios para el Arte, Universidad de Valencia-Rivera Ed., dirige la colección "Música e Interacciones" (Rivera Ed.) y es Profesora de Piano en el Conservatorio Profesional de Música de Requena, Valencia). Miembro del Programme européen « Modélisation de la Complexité -MCX» et l'Association pour la Pensée Complexe -APC. Ha publicado numerosos artículos de investigación e impartido cursos, seminarios y conferencias internacionales.

Jas, Javier

Licenciado en biología (Universidad de La Habana, 1997), Master en Fisiología (Universidad de La Habana, 2007). Ha trabajado como investigador en el Centro de Neurociencias de Cuba y el Centro de restauración Neurológica. Se dedica al análisis de senñales cardiovasculares, desde su adquisición in situ hasta su relación con la medicina comunitaria. Esta preparando su tesis doctoral.

Kindelán Cira, Eligio

Licenciado en Física (Universidad Pedagogica de La habana, 1974), master en Educacion Superior (Universidad Tecnico-pedagogica de la habana, 209), profesor auxiliar (2000.). Maestro internacional de yoga (USA). Se dedica al estudio de los sistemas biológicos complejos y la evaluación de senhales electrofisiológicas desde el punto de vista de la dinámica no lineal. Esta preparando su tesis doctoral.

Luengo González, Enrique

Licenciado y maestro en sociología. Doctor en ciencias sociales por la Universidad Iberoamericana en la Ciudad de México. Ha sido Director del Departamento de Ciencias Sociales y Políticas de la misma universidad, rector de la Universidad Latina de América en Morelia, Jefe del Centro de Investigación y Formación Social, y Director de Integración Comunitaria del ITESO-Universidad Jesuita de Guadalajara. Se interesa por los temas de la innovación universitaria, el análisis social del fenómeno religioso, la epistemología y el método de la complejidad. Ha publicado más de diez libros, ya sea como autor o coautor, y ha escrito diversos capítulos y artículos en revistas académicas sobre los temas antes señalados.

Malaina, Álvaro

Doctor en Sociología por la École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS) de París y por la Universidad Complutense de Madrid. Es profesor de la University of International Business and Economics (Beijing, China). Fue Secretario General de la Asociación por el Pensamiento Complejo (APC). Ha estudiado las implicaciones en Sociología de las "teorías de la complejidad", uniendo aproximaciones epistemológicas y metodológicas. Ha sido investigador visitante en el University College de Londres, la Universidad de Michigan, la Universidad de California Los Angeles y la Universidad de Columbia. Ha publicado artículos y traducido al español varias obras de Edgar Morin. En Junio 2009 fue el principal encargado de la organización del 1er Simposio sobre Modelización de Sistemas Complejos y Pensamiento Complejo, que tuvo lugar en la Maison Suger, FSH, París.

Maldonado, Carlos Eduardo

Ph.D. en Filosofía por la KULeuven (Bélgica), Post-doctorado como *Visiting Scholar* en la Universidad de Pittsburgh (EE.UU); Postdoctorado como *Visiting Research Professor* en la Catholic University of America (Washington, D.C.), *Academic Visitor*, Facultad de Filosofía, Universidad de Cambridge (Inglaterra). Profesor Titular Facultad de Ciencia Política y Gobierno, Universidad del Rosario. Ha sido reconocido con la "Distinción al Mérito", por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, por sus contribuciones a la filosofía y a la complejidad (2008). Premio Portafolio, Mención de Honor Categoría Mejor Docente (2008). "Profesor Distinguido", título conferido por la Universidad del Rosario (2009). Investigador Senior (Colciencias). SENIOR MEMBER – IEEE. Doctor *Honoris causa*, Universidad de Timisoara (Rumania), 2015. Índice H: 22.

Reina Materón, José Julián

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Estudiante de Maestría en Administración de Empresas de la Universidad del Valle, Colombia. Miembro del grupo de investigación Previsión y Pensamiento Estratégico, Facultad de Ciencias de la Administración, Universidad del Valle. Profesor Contratista en Tecnologías de la Información, Facultad de Ciencias de la Administración, Universidad del Valle. Miembro del Diplomado en Transformación Educativa, Multiversidad Edgar Morin. Miembro de la Red de Conocimiento Abierto de la Complejidad (REDCOM).

Reynoso, Carlos

Es profesor de Teorías Antropológicas Contemporáneas y Elementos de Lingüística y Semitótica en la carera de Ciencias Antropológicas de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires. En esa facultad también dictó la cátedra de Antropología de la Música junto con Ernesto Epstein. Ha sido investigador del CONICET y *Senior Technical Advisor* de *Microsoft*. Ha desarrollado investigaciones en técnicas computacionales aplicadas a las ciencias sociales y es un referente internacional en Arquitectura de Software y Teorías de la Complejidad. Entre otras obras ha publicado *El surgimiento de la antropología posmoderna* (México, Gedisa, 1991); *Apogeo y decadencia de los estudios culturales* (Barcelona, Gedisa, 2000); *Antropología de la*

música: de los géneros tribales a la globalización (Buenos Aires, SB Ediciones, 2006); *Complejidad y caos. Una exploración antropológica* (Buenos Aires, SB Ediciones, 2007)*; Corrientes teóricas en antropología. Perspectiva desde el siglo XXI* (Buenos Aires, SB Ediciones, 2008).

Rodríguez, Javier

Soy médico de la Universidad Nacional de Colombia, con una sólida formación matemática y científica, especialmente en física teórica. Soy fundador y director del Grupo de investigación Insight, donde hemos desarrollado nuevos métodos de caracterización y diagnóstico físico y matemático de la dinámica y morfología cardíaca fetal, pediátrica y del adulto, evaluadas en diversos exámenes como Holter, monitorías cardíacas fetales, angiografías, ventriculogramas y ecocardiografías, así como métodos de caracterización de la morfología celular y radiografías de tórax, con base en geometría fractal, teoría de sistemas dinámicos, leyes de probabilidad y entropía, entre otras. También tengo teorías predictivas del fenómeno de unión ligando receptor específico para la comprensión de fenómenos inmunológicos y el desarrollo de vacunas, y metodologías para la predicción de las epidemias de malaria y dengue.

Rodríguez Zoya, Leonardo Gabriel

Es investigador en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina y profesor universitario (Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional de Mar del Plata, Universidad Nacional de Tres de Febrero, entre otras). Doctor en Sociología por la Universidad de Toulouse, Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad de Buenos Aires y Licenciado en Ciencia Política por la misma universidad. Ha animado varias iniciativas para la difusión del paradigma de la complejidad, entre las que se destaca la Comunidad de Pensamiento Complejo (www.pensamientocomplejo.org). Su trabajo testimonia la búsqueda de una articulación práctica entre el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad para la investigación interdisciplinaria de problemas complejos concretos de las sociedades contemporáneas. Esta labor se ha cristalizado en un enfoque constructivo e interdisciplinario para el diagnóstico integrado de problemas complejos y el desarrollo práctico de estrategias colaborativas orientadas a la construcción de futuros deseables.

Sautié Castellanos, Miguel

Licenciado en Bioquímica (Universidad de La Habana, 1997), Máster en Informática Médica (CECAM-2004), profesor Principal de estudios de postgrado en Bioinformática en la Universidad medica de La Habana. Sus investigaciones están vinculadas a la Bioinformática, e incluyen particularidades del código genético y relación de los micro satélites con la función acompañante de las respectivas proteínas. Está preparando su tesis de doctorado.

Terán, Oswaldo

Ingeniero de Sistemas, Universidad de Los Andes (ULA), Venezuela, 1992. M.Sc. Estadística Aplicada, ULA, 1995. Ph.D. Manchester Metropolitan University, Manchester, Reino Unido, 2001. Profesor de la ULA desde 1992. Director Ejecutivo y Gerente de Planificación y Desarrollo de FUNDACITE-Mérida 2003-2007. Director de CENDITEL (Centro Nacional de Tecnologías Libres) 2006-2010. Areas de Investigación: Simulación Social y Sistemas Multiagentes, Sistemas Blandos y Sistemología Interpretativa, Estudios Organizacionales (Planificación Situacional, Metodologías de Desarrollo de Software Libre), Autopoiesis, Organizaciones autónomas, Cultura y Organización, Sistemas socio-ecológicos.

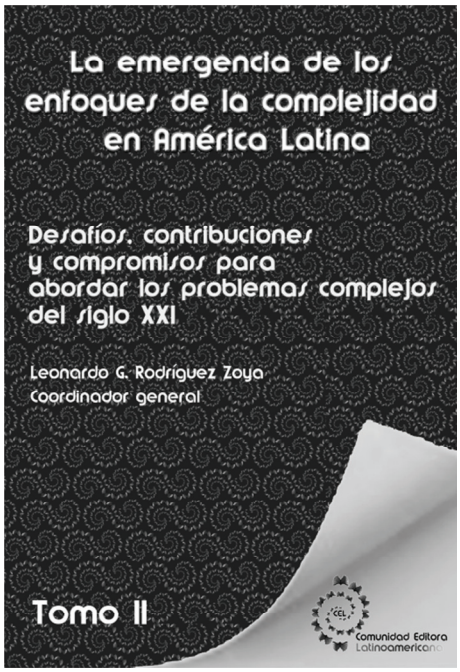
Weisz, Gabriel

Doctor por la Universidad Nacional Autónoma de México con el grado de Doctor en Letras (Literatura Comparada) en la Facultad de Filosofía y Letras. Imparte clases sobre la literatura, el cuerpo y también ha participado en congresos sobre Teoría del Caos y complejidad. Su campo de interés abarca la literatura, la antropología, las matemáticas y el feminismo. Es coordinador del grupo de investigación "Cultura, Política y Género" en la Facultad de Filosofía y Letras. Se desempeñó como compilador del libro Ficciones de la Otredad producto del seminario antes mencionado y el cual se acaba de editar este mismo año. Organiza congresos internacionales en Canadá y Estados Unidos. Y es miembro del ACLA *American Comparative Literature Association*. Ha publicado diversos libros como autor único y en colaboración con otros autores en distintos países, así como numerosos artículos de investigación nacionales e internacionales e impartido cursos durante más de treinta años en la Facultad de Filosofía y en distintos países, así como conferencias nacionales e internacionales.

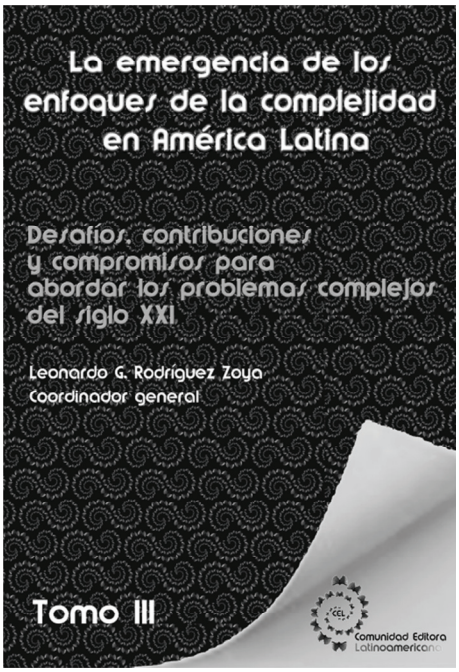
Próximas publicaciones de la Comunidad Editora Latinoamericana

La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina

Tomo II



Tomo III



Autores del Tomo II y III

Denise Najmanovich
Miguel Martínez Miguélez
Enrique G. Herrscher
Charles François
Fidel Martínez Álvarez
Fernando Almarza Rísquez
Pedro Luis Sotolongo
Martín Andrés Díaz
Lissette Bustillo García
Juan Pablo Martínez Dávila
Elvira Aidee Suarez Montenegro
Carmen Mercedes Torrente
Jorge Hernán Calderón López
Patricia Karina Natalia Schwarz
Eugenia Zicavo
Rosa González González
María Luz Alvarez Llanes
Yusdel Ramos Rangel
Marilda Azulay Tapiero
Rafael Pérez-Taylor
Mónica Edwards Schachter
Schelica Mozobancyk
Martín de Lellis
Graciela Nozica
Griselda Henriquez
José Otocar Reina Barth
Oscar Alonso Herrera Gutierrez
Heimar Quintero Vargas
Oscar Chaparro Anaya
Ramón Morán
Marcelo Salgado
Sabrina Cáceres
Laura Gurría
Marta Basuino
Nora Gancedo
Juan Antonio Paz
Alfredo Gutiérrez Gómez
Cristina Varisco
Julio Leonidas Aguirre
Pascal Roggero

Próximas publicaciones de la Comunidad Editora Latinoamericana

Filosofía de la complejidad

Giuseppe Gembillo y Annamaria Anselmo

ÍNDICE

Ágora de partida: Complejidad y alrededores, la idea-guía y la búsqueda de la dirección

Primer camino: Del mecanismo al organismo

Segundo camino: De la estructura a la historia

Tercer camino: Del objeto-Sustancia al evento-Sujeto

Cuarto camino: De la certidumbre a la incertidumbre

Quinto camino: Del Universo al Pluriverso

Sexto camino: Del lenguaje a la Estética

Séptimo camino: De la ética a la ecoética

Octavo camino: De la política ideológica a la política compleja

Punto de encuentro de los caminos: Cientificidad y conocimiento en la actualidad

Filosofía Institucional

La Comunidad Editora Latinoamericana (CEL) es un proyecto editorial no comercial que publica obras de *alta calidad, bajo costo* y *amplio alcance geográfico,* bajo la modalidad de acceso abierto y licencias creative commons.

Somos un grupo humano que concibe la práctica editorial como una estrategia político-cultural de largo plazo para la construcción de un sistema-mundo alternativo. La visibilidad, difusión y acceso al conocimiento científico, filosófico y artístico constituyen un instrumento práctico para dar sentido, para pensar y para actuar en la complejidad del mundo.

Quienes formamos parte de la Comunidad Editora Latinoamericana asumimos el desafío de concebir la práctica editorial a partir de la pregunta: ¿en qué tipo de sociedad queremos vivir? Sostenemos que la publicación de obras de acceso abierto, de alta calidad, bajo costo y amplio alcance geográfico son herramientas cruciales para visibilizar y viabilizar ideas y pensamientos que nos ayuden a enfrentar lúcidamente la complejidad creciente de los problemas que afectan a nuestras sociedades y a imaginar creativamente la sociedad que deseamos.

Nos mueve la pasión y el compromiso de publicar obras que ayuden a religar ideas y personas en un movimiento de pensamiento y acción; y que contribuyan a visibilizar alternativas y diseñar estrategias para construir nuevas posibilidades de la vida social, política y económica.

Desde la Comunidad Editora Latinoamericana tenemos la convicción que los modelos editoriales constituyen formas por las que una sociedad distribuye, difunde y brinda acceso a los conocimientos que ella produce, y por lo tanto, una vía por la que una sociedad se piensa, se construye y se transforma a sí misma. Así, asumimos plenamente el compromiso de construir un nuevo modelo editorial como estrategia política y cultural para pensar la sociedad actual y contribuir a transformarla en una sociedad mejor.

La Comunidad Editora Latinoamericana convoca a colaboradores para integrar un equipo internacional de trabajo para asistir en el proceso de producción editorial

Si te interesa colaborar con nosotros, contáctate ahora!

Comunidad Editora Latinoamericana
Tel. +54 911 5001 8099
www.comunidadeditora.org
cel@comunidadeditora.org

Este libro se terminó de imprimir en *La Imprenta Digital SRL*,
Talcahuano 940, Florida, Buenos Aires, Argentina,
en Noviembre de 2016, con una tirada de 100 ejemplares.

La ciencia, la sociedad, la universidad, la educación, la política, las empresas, las organizaciones, los individuos e, incluso, la humanidad en su conjunto, se enfrentan cada vez más a «problemas de complejidad creciente». En este contexto nuevos desafíos emergen para todos los actores sociales, políticos, económicos y científicos. La complejidad de los problemas fundamentales que enfrentan nuestras sociedades exige nuevas estrategias de pensamiento, de conocimiento y de acción. Comprender la complejidad se vuelve un desafío crucial para visibilizar alternativas y construir nuevas posibilidades en un futuro incierto.

La transformación de la sociedad actual en una sociedad más deseable requiere la comprensión, planificación estratégica y acción transformadora sobre problemas complejos fundamentales. En este contexto adquiere pertinencia la emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina para pensar y actuar colectivamente los múltiples desafíos que suponen los problemas complejos del Sur en el siglo XXI.

Esta obra testimonia un esfuerzo colectivo sistemático, construido por más de sesenta investigadores de América Latina, orientado a problematizar las contribuciones de los enfoques de la complejidad para abordar los problemas complejos de nuestra región. La obra comprende tres ejes. Primero, se exploran los aportes teóricos y metodológicos del pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad. Segundo, se examina la complejidad de algunos problemas fundamentales de América Latina en el ámbito de la ciencia, la política, la cultura y la educación. Finalmente, se exponen experiencias prácticas, programas de acción y construcción de políticas sobre problemas complejos concretos.

Leonardo G. Rodríguez Zoya es investigador en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina y profesor universitario (Universidad de Buenos Aires, Universidad Nacional de Mar del Plata, Universidad Nacional de Tres de Febrero, entre otras). Doctor en Sociología por la Universidad de Toulouse, Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad de Buenos Aires y Licenciado en Ciencia Política por la misma universidad. Ha animado varias iniciativas para la difusión del paradigma de la complejidad, entre las que se destaca la Comunidad de Pensamiento Complejo (www.pensamientocomplejo.org). Su trabajo testimonia la búsqueda de una articulación práctica entre el pensamiento complejo y las ciencias de la complejidad para la investigación interdisciplinaria de problemas complejos concretos de las sociedades contemporáneas. Esta labor se ha cristalizado en un enfoque constructivo e interdisciplinario para el diagnóstico integrado de problemas complejos y el desarrollo práctico de estrategias colaborativas orientadas a la construcción de futuros deseables.

Comunidad Editora Latinoamericana

ISBN 978-987-45216-7-5

9 789874 521675

Colección "Pensamiento Complejo del Sur"